

Kemian opettajankoulutusyksikkö  
Kemian laitos  
Helsingin yliopisto

**Kehittämistutkimus:  
Opettajan ammatillisen kehittymisen  
tutkimusperustainen tukeminen käyttäen  
SOLO-taksonomiaa – esimerkkinä  
tutkimuksellinen kokeellinen kemian opetus**

**Päivi Tomperi**

AKATEEMINEN VÄITÖSKIRJA

Esitetään Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan suostumuksella julkisesti tarkastettavaksi kemian laitoksen auditoriossa A110 joulukuun 2. päivänä 2015 kello 12.

Helsinki 2015

Kemian opettajankoulutusyksikön väitöskirjat

ISSN 1799-1498

ISBN 978-951-51-1752-6 (nid.)

ISBN 978-951-51-1753-3 (PDF)

Unigrafia

Helsinki 2015

## **Ohjaaja**

Professori Maija Aksela  
Kemian laitos  
Helsingin yliopisto

## **Esitarkastajat**

Professori Jari Lavonen  
Opettajankoulutuslaitos  
Helsingin yliopisto

Yliopistonopettaja, FT Tiina Kiviniemi  
Kemian laitos  
Jyväskylän yliopisto

## **Vastaväittäjä**

Professori Jan Lundell  
Kemian laitos  
Jyväskylän yliopisto

## **Kustos**

Professori Mikko Oivanen  
Kemian laitos  
Helsingin yliopisto

## Tiivistelmä

Opettajien ammatillinen kehittyminen ja sen tukeminen on ajankohtainen tutkimusaihe sekä kansainvälisesti että kansallisesti. Kansainvälisen TALIS -tutkimuksen mukaan suomalaisten opettajien kiinnostus osallistua ja sitoutua pitkäaikaiseen ammatilliseen koulutukseen on vähenemässä ja tarvitaan uudenlaisia koulutusmalleja. Tutkimuksellinen kokeellinen opetus, joka on keskeisessä roolissa lukion kemian opetuksessa, edellyttää kemian opettajilta uudenlaista suhtautumista työssä oppimiseen muutoksen aikaansaamiseksi ja uudenlaista koulutusta.

Väitöskirja raportoi kehittämistutkimuksen, jonka kuluessa suunniteltiin, toteutettiin ja kehitettiin lukion kemian opettajille tutkimusperustainen ammatillinen koulutus. Siinä sisältönä oli tutkimuksellinen kokeellinen opetus SOLO-taksonomian (the Structure of Observed Learning Outcomes) avulla. Koulutuksen kehittäminen perustui teoreettiseen ja empiiriseen ongelma-analyysiin opettajien kokeellisen opetuksen nykytilasta. Tutkimuksen teoreettisessa ongelma-analyysissä käsiteltiin kemian opettajien koulutuksen kehittämisen ja tutkimustuloksien ymmärtämisen kannalta keskeisiä teemoja, kuten mielekäs kemian oppiminen, tutkimuksellinen kokeellinen opetus, SOLO-taksonomia ja opettajien ammatillisen kehittymisen haasteet.

Kahdeksanvaiheisessa kehittämistutkimuksessa haettiin vastauksia kolmella ydinosa-alueella seuraaviin päättämiskysymyksiin: 1) Ongelma-analyysi: *Millaisia haasteita tutkimuksellinen kokeellinen opetus asettaa lukion kemian opettajille?* 2) Kehittämisprosessi: *Mitä mahdollisuuksia ja haasteita SOLO-taksonomia tuo kemian tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen tukemiseen?* ja 3) Kehittämistuotos: *Millaisia ominaisuuksia on tutkimuksellista kokeellisuutta lukiossa edistävällä opettajien ammatilliseen kehittymiseen tähtäävällä koulutuksella?*

Kehittämistutkimus on laadullinen tutkimus, jossa tutkimusmenetelminä käytettiin havainnointia, kyselyä ja haastattelua. Tutkimuskysymyksiin haettiin vastauksia analysoimalla sekä kysely- että haastatteluaineistoja, tehtyä oppimateriaalia ja koulutuksen tueksi rakennetussa verkkoympäristössä käytyä keskustelua. Aineistoja analysoitiin käyttäen laadullista sisällönanalyysiä. Kehittämistutkimuksessa toteutettuihin kolmeen lyhytkestoiseen koulutukseen osallistui opettajia sekä Suomesta että Thaimaasta. Osallistuneilla opettajilla ei ollut takanaan tutkimusperustaista opettajakoulutusta. Tutkija toimi vastuukehittäjänä ja pääkouluttajana kurssilla. Kehittämisprosessia tarkasteltiin lukion opettajan, tutkimusperustaisen kemian opetuksen toteuttamisen ja ammatillisen koulutuksen näkökulmista.

Kehittämistutkimuksen päätuloksena saatiin kahdenlaista uutta tutkimustietoa kemian opetuksen edistämiseen (Edelson, 2002): 1) tietoa tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja sen käyttönotosta sekä opettajien ammatillisesta kehittymisestä SOLO-taksonomian avulla (ongelma-analyysi ja kehittämisprosessi) ja 2) tietoa tutkimusperustaisen koulutusmallin ominaisuuksista tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen edistämiseksi (kehittämistuotos).

Tutkimuksellinen kokeellisuus on opettajille haastavaa. Sen taustalla oleva konstruktivistinen oppimiskäsitys, opettajan kokemattomuus toimia nykyaikaisessa oppimisympäristössä ja tutkimuksellisten opetuskokeilujen vähäisyys ovat haasteita sen käyttöönotossa. Käytännön haasteina opettajat kokivat ajan riittävyyden, resurssien puutteen, suuret ryhmät, oppilaiden riittämättömät taidot ja opetussuunnitelman

vaatimukset. Tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönotto opetuksessa vaatii käytännön kokemuksia konstruktivismista opetuksessa ja ymmärrystä luonnontieteen luonteesta.

SOLO-taksonomia tuki monin eri tavoin kemian opettajaa ammatillisessa kehittämisessä. Se toimi konkreettisenä työkaluna, motivoi kehittämään kokeellisuutta ja lisäsi opettajan omistajuutta kehitettyihin työohjeisiin. Sen avulla lukion kemian opettajat pystyivät arvioimaan oman kokeellisen opetuksensa nykytilaa ja näkemään sen kehittämistarpeet ja -mahdollisuudet teorian näkökulmasta tutkimusperustaisesti. Se tuki tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen ymmärtämistä ja toimi mallina korkeamman tason ajattelutaidoille. Oppimateriaalin puute ei muodostunut esteeksi tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttamiselle. Tutkimuksellisia töitä kokeilleiden opettajien opiskelijat paitsi kykenivät hyvin työskentelemään ilman perinteistä ohjeistusta aikaisempaa avoimempien tehtävien parissa, he myös pitivät uudesta ja erilaisesta työskentelytavasta. Haasteellista opettajille SOLO-taksonomian käyttämisessä oli, että se vaatii uudenlaista työohjeen teoreettista tutkimista.

Tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen edistämiseksi kehitettiin tutkimusperustainen koulutusmalli teoreettisen ja empiirisen ongelma-analyysin pohjalta (kehittämistuotos). Sen keskeisiä ominaisuuksia ovat: (i) se painottaa henkilökohtaista opiskelua omista lähtökohdista käsin, (ii) sen tutkimusperustaisuus käsittää sekä opettajan roolin laajentamisen tiedonjakajasta oman työn tutkijan ja oppijan rooleihin että ajankohtaisen tutkimustiedon mielekkästä tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja opetuskokeilujen toteuttamisen omassa työssä, niiden analysoinnin ja jakamisen, (iii) se sisältää teoreettisen viitekehyksen tutkimusperustaisen opetuksen, korkeamman tason ajattelutaitojen ja vuorovaikutukseen perustuvan ajatusten jakamisen tueksi, (iv) se helpottaa mielekkään eriateisen tutkimuksellisen oppimateriaalin tuottamista sekä yksilöllisesti että yhteisöllisesti SOLO-taksonomian avulla, (v) se tarjoaa vertaistukea monipuolisesti (esimerkiksi verkko-oppimisympäristön kautta), (vi) se kannustaa refleктоimaan ja käyttämään toimintatutkimuksen menetelmää ja (vii) toteuttamaan koulussa tutkimuksellista kokeellisuutta, joka on yhteisöllistä ja kognitiivista toimintaa lisäten oppilaiden ymmärrystä luonnontieteen luonteesta.

Tutkimus osoittaa, että opettajat tarvitsevat ajallisesti eripituisia koulutusmalleja. Jos opettajan oppimiskäsitys on yhdenmukainen koulutuksessa esiin tulevien asioiden kanssa, assimilaatioprosessin kautta hän voi alkaa harjoitella uutta käytäntöä omassa opetuksessaan jo lukukauden kestävän koulutuksen kuluessa. Jos kyseessä on akkommodaatioprosessi, opettaja tarvitsee ohjausta ja tukea pitemmän ajan. Väitöskirjan tutkimustuloksia voidaan hyödyntää uusien kemian opetussuunnitelmaperusteiden käyttöönotossa, suunniteltaessa opetusmateriaalia tutkimuksellisesta kokeellisuudesta sekä opettajien elinikäistä oppimista tukevaa koulutusta että kansainvälistä koulutusvientiä.

**Avainsanat:** Kehittämistutkimus, ammatillinen kehittyminen, SOLO-taksonomia, tutkimusperustainen koulutus, tutkimuksellinen kokeellisuus

## Abstract

Both nationally and internationally, teachers' professional development is a current research topic. According to international teaching and learning survey TALIS, Finnish teachers' interest to participate in long-lasting in-service teacher training programs, focusing on professional development, is decreasing. In order to implement inquiry-based practical work into classroom practice, new in-service training models are needed.

This thesis examines the design and development process of a professional training course, which implemented the SOLO-taxonomy. The training course was meant for chemistry teachers working at the upper-secondary school and it focused on inquiry-based chemistry instruction. The research was done using design research.

The main research questions were formed according to the three central areas of design research (Edelson, 2002):

- 1) Problem analysis: *What kind of challenges does inquiry-based practical chemistry bring to chemistry teachers at the upper secondary school?*
- 2) Design process: *What kind of possibilities and challenges does the SOLO-taxonomy offer for the support of inquiry-based practical chemistry instruction?*
- 3) Design solution: *What are the characteristics of teachers' professional development that promotes inquiry-based practice in chemistry at the upper secondary school?*

The eight-phase design research employed qualitative research methods, including observations, surveys and interviews. The data was analyzed using content analysis. From this data, two main research results were obtained. First, information was obtained on the implementation of inquiry-based chemistry into practice, and about teachers' professional development using the SOLO-taxonomy. Second, information on the characteristics of research-based training model promoting inquiry-based practical chemistry instruction was obtained.

The findings show that inquiry is challenging for teachers due to its constructivist view on learning, teachers' inexperience to act in modern learning environments and not practicing implementing inquiry in the classroom during training.

The findings also show that using the SOLO-taxonomy supported professional development in many ways. For example, it worked as a tool in designing and modifying written instructions, it motivated teachers to develop their practices, it increased teachers' ownership to the produced written instructions, it supported teachers' understanding of inquiry and it acted as a model to support higher-order thinking skills.

The created research-based training model, meant to promote inquiry in practical chemistry instruction, was based on a theoretical and empirical problem analysis. The main features incorporated into the training model are (i) personalized learning which considers the teachers' current knowledge (ii) expanding teacher's role from merely a dispenser of knowledge to the roles of a researcher and a learner, (iii) using a theoretical framework to support research-based instruction, higher-order thinking skills and interaction-based sharing of ideas, (iv) creating meaningful inquiry-based material, done using the SOLO-taxonomy, (v) peer-support (vi) reflection and incorporation of action research, (vii) practicing implementing inquiry-based practical work, which is of collaborative and cognitive nature increasing understanding of the nature of science.

The research results show that teachers need training models of various durations. If the teachers' view on learning is congruous with the inquiry-based approach, they can begin to practice the implementation of inquiry already during a short training. However, if the

teacher's view on learning does not support constructive learning methods, the accommodation process requires more time.

The research results of this doctoral dissertation can be applied (i) in the implementation of new national core curriculum, (ii) in planning and designing new learning material for inquiry-based practical chemistry (iii) in training that supports teachers' life-long learning and (iv) in international exportation of education.

**Keywords:** Design research, professional development, SOLO-taxonomy, research-based training, inquiry-based practical chemistry

## Alkusanat ja kiitokset

Kiinnostuin kemian opetuksen tutkimuksesta opettaessani kemian ryhmitöitä Oulun yliopiston kemian laitoksella ja kehittäessäni perinteistä laboratorio-opetusta yhteistyössä FT Maija Kiviahteen kanssa. Rakensimme kemian opiskelijoille Optima-verkko-oppimisympäristön tukemaan heidän opiskeluaan kursseillani ja FT Kiviahde tutki väitöskirjatutkimuksessaan opiskelijoiden kanssa käymääni keskustelua Optimassa. Tutustuin silloin ensimmäisen kerran SOLO-taksonomiaan, jota hän käytti teoreettisena viitekehyksenä. FT Kiviahde osoitti tutkimuksessaan, kuinka palautekeskustelumme seurauksena kemian opiskelijat oppivat eli siirtyivät alemmalta SOLO-tasolta korkeammalle SOLO-tasolle.

Myöhemmin muutin lukion kemian ja matematiikan opettajan työn perässä Oulusta Helsinkiin pariaksi vuodeksi. Professori Maija Akselan tutkimusryhmään liityin vuonna 2008, kun halusin alkaa kehittämään kokeellista opetustani lukiossa tutkimusperustaisesti. Tutkimuksesta tuli kehittämistutkimus, kun aloin pohtia, kuinka ohjata muita lukion kemian opettajia tutkimuksellisen kokeellisuuden pariin.

Haluan kiittää väitöskirjan ohjaajaa professori Maija Akselaa innostavasta ohjauksesta ja kannustuksesta näinä vuosina. Yhteinen visiomme tutkimuksellisesta kokeellisuudesta kantoi loppuun asti. Kiitokset myös kemian opettajankoulutusyksikön jatkokoulutusryhmälle, jonka tapaamisissa vuosien varrella saadut kommentit ovat auttaneet eteenpäin kompastellessani tutkijan polulla.

Lisäksi kiitän Helsingin yliopiston kemian laitosta mahdollisuudesta tehdä väitöskirja laitoksen Kemian opettajankoulutusyksikön jatko-opiskelijana. Professori Mikko Oivasta kiitän kustoksena toimimisesta. Kiitän myös väitöskirjan esitarkastajia professori Jari Lavosta Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitokselta ja yliopistonlehtori FT Tiina Kiviniemeä Jyväskylän yliopiston kemian laitokselta tutkimusta koskevista parannusehdotuksista ja hyvistä kommentteista.

Lämpimät kiitokset tutkimukseen osallistuneille kemian opettajille, jotka teitte tämän tutkimuksen mahdolliseksi.

Kiitokset myös Magnus Ehrnroothin säätiölle, joka on tukenut tutkimustyötäni yhteensä kolme vuotta ja tehnyt minulle mahdolliseksi osallistua useaan alan konferenssiin ulkomailla.

Kiitokset FT Maija Kiviahteelle, jonka kanssa käydyt keskustelut vuosien varrella ovat vieneet ajatteluani eteenpäin. Kiitokset myös hyvälle ystävälleni Heli Vuorelle, joka on jaksanut aktiivisesti kuunnella uutisia tutkimustyön etenemisestä ja kannustanut jatkamaan.

Kiitokset myös perheelleni tutkimustyön tukemisesta sen eri vaiheissa, erityisesti tarjoamalla Ossi-koiralle turvallisen hoitopaikan aina, kun olen sitä tarvinnut.



# Sisällys

<b>1 Johdanto .....</b>	<b>1</b>
1.1 Päättökysymykset .....	2
1.2 Tutkielman rakenne .....	2
<b>2 Kehittämistutkimus .....</b>	<b>4</b>
2.1 Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä .....	4
2.2 Tutkimusaineisto ja käytetyt menetelmät .....	7
<b>3 Ongelma-analyysi .....</b>	<b>10</b>
3.1 Teoreettinen ongelma-analyysi .....	10
3.1.1 Kemian mielekäs opiskelu ja opetus .....	10
3.1.1.1 Oppimiseen ja tiedonkäsitkseen liittyvät uskomukset .....	13
3.1.1.2 Mielekäs kokeellisuus kemian opetuksessa .....	16
3.1.1.3 Tutkimuksellinen (inquiry-based) oppiminen ja opetus .....	21
3.1.2 SOLO-taksonomia .....	27
3.1.2.1 Osaamisen tasot SOLO-taksonomian mukaan .....	27
3.1.2.2 SOLO-työkalu tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen tukena .....	33
3.1.3 Opettajien koulutus ja ammatillinen kehittyminen .....	37
3.1.3.1 Opettajan tieto .....	38
3.1.3.2 Opettajien koulutuksen haasteet .....	40
3.1.3.3 Opettajien ammatillisen osaamisen kehittäminen .....	45
3.2 Empiirinen ongelma-analyysi .....	47
3.2.1 Osatutkimus 1: Tutkimuksellinen kokeellisuus lukion kemian opetuksessa .....	47
3.2.1.1 Toimintatutkimuksen tutkimusmenetelmä .....	48
3.2.1.2 Toteutus .....	49
3.2.1.3 Tulokset .....	50
3.2.1.4 Yhteenveto .....	51
3.2.2 Osatutkimus 2: Tutkimuksellisen kokeellisuuden nykytila kemian oppikirjoissa .....	51
3.2.2.1 Tutkimusmenetelmä .....	51
3.2.2.2 Tulokset .....	52
3.2.2.3 Tulosten pohdinta .....	53
3.2.2.4 Yhteenveto .....	54
3.2.3 Osatutkimus 3: Opettajien valitsemien kokeellisten töiden tutkimus .....	54
3.2.3.1 Tutkimuksen toteutus .....	54
3.2.3.2 Tulokset .....	55
3.2.3.3 Tulosten pohdinta .....	58
3.2.4 Yhteenveto empiirisestä ongelma-analyysistä .....	59
3.3 Kehittämistuotos: Tavoitteet .....	59
<b>4 Kehittämisprosessi .....</b>	<b>63</b>
4.1 Koulutuksen kehittäminen .....	63
4.1.1 Koulutuksen sisältö .....	64
4.1.2 Vertaistutorointijakso suljetussa verkkoympäristössä .....	64
4.1.3 Opettajien laatima materiaali .....	65

4.1.3.1 Opettaja 1: Seoksen erotusmenetelmät ja massaprosenttinen koostumus .....	66
4.1.3.2 Opettaja 2: Sähköä hedelmistä .....	67
4.1.3.3 Opettaja 3: Kemiaallinen yhdiste .....	69
4.1.3.4 Opettaja 4: Titraus .....	70
4.1.3.5 Opettaja 5: Eri työohje kullekin SOLO-tasolle .....	71
4.1.3.6 Opettaja 11: Entalpiamuutos ja Hessin laki .....	74
4.1.3.7 Yhteenveto opettajien laatimista työohjeista eri SOLO-tasoille .....	75
4.1.4 Tapaustutkimus 1: Koulutuksen toteutus ja vaikuttavuuden arviointi ....	75
4.1.4.1 Kyselytutkimus koulutuksen jälkeen .....	75
4.1.4.2 Haastattelu .....	82
4.1.4.3 Aineistolähtöinen sisällönanalyysi .....	82
4.1.4.4 Vertaistutorointijakson toteutuminen verkossa .....	88
4.1.5 Yhteenveto koulutuksen kehittämisestä .....	92
4.2 Tapaustutkimus 2: Koulutuksen jatkokehittäminen .....	93
4.2.1 Koulutuksen sisältö .....	93
4.2.2 Opettajien valitsema työt .....	94
4.2.3 Itsenäinen työskentelyjakso lähitapaamisten välisenä aikana .....	96
4.2.3.1 Yhteenveto itsenäisen työskentelyn vaiheesta .....	99
4.2.4 Opettajien laatima materiaali .....	99
4.2.5 Koulutuksen toteutus ja vaikuttavuuden arviointi .....	100
4.2.5.1 Kyselytutkimus koulutuksen jälkeen .....	100
4.2.5.2 Haastattelu .....	102
4.2.6 Yhteenveto kurssin jatkokehittämisestä .....	107
4.3 Tapaustutkimus 3: Koulutus Thaimaassa .....	108
4.3.1 Mahidol Wittayanusorn School (MWITS) .....	108
4.3.2 Koulutuksen tavoitteet ja toteutus .....	109
4.3.3 Opettajan kokeilun havainnointi .....	109
4.3.4 Opettajan haastattelu .....	110
4.3.5 Yhteenveto ja pohdinta .....	112
<b>5 Kehittämistuotos .....</b>	<b>113</b>
5.1 Koulutusmallin kuvaus .....	113
<b>6 Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelua .....</b>	<b>115</b>
<b>7 Johtopäätökset ja pohdinta .....</b>	<b>121</b>
7.1 Kemian opetusta edistävää tutkimustietoa tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja sen käyttöönotosta (tutkimuskysymys 1) .....	121
7.2. Kemian opetusta edistävää tutkimustietoa tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönotosta SOLO-taksonomian avulla (tutkimuskysymys 2) .....	123
7.3. Kehittämistuotos: Tutkimusperustainen koulutusmalli tutkimuksellisen kokeellisuuden edistämiseksi (tutkimuskysymys 3) .....	125
7.4 Tutkimuksen merkitys ja jatkotutkimuskohteet .....	131

Lähteet

Liitteet

# 1. JOHDANTO

Elinikäinen oppiminen ja siihen olennaisena osana kuuluva kouluttautuminen on keskeinen osa kemian opettajan työtä. Valtaosa lukion opettajista (84,4 %) osallistui koulutuksiin tai asiantuntijavaihtoon vuonna 2013 (Kumpulainen, 2014). Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön OECD:n toimesta tehdyn kansainvälisen TALIS -tutkimuksen mukaan suomalaisten opettajien kiinnostus osallistua ja sitoutua pitkäaikaiseen ammatillisen kehittämisen koulutukseen on vähenemässä. Ammatillisen kehittämisen koulutuksen tuki opettajan työhön koetaan meillä suhteellisen vähäiseksi. Myös esimiesten aktiivinen toiminta opettajien opetustaitojen kehittämisen tukena muihin TALIS -maihiin verrattuna on vaatimatonta. Erityisesti ammattiin liittyvää tutkimusta suomalaiset opettajat tekevät vähän. (Taajamo, Puhakka & Välijärvi, 2014) Opettajien peruskoulutuksen ja ammatillisen kehittämisen koulutuksen nivoutumista toisiinsa tulisi lisätä elinikäisen oppimisen periaatteiden mukaisesti (OM, 2006; COM, 2007; Aksela, 2010) Tarvitaan uusia tutkimukseen perustuvia koulutusmalleja em. haasteisiin vastaamiseksi.

Tutkimuksellinen kokeellisuus on keskeisessä roolissa monien maiden kemian opetuksessa ja myös lukion kemian opetuksessa Suomessa. Koulukohtaisen opetussuunnitelman suunnitteleminen ja käyttöönottoaminen on otollista aikaa myös ammatillisen kehittymisen näkökulmasta (Coenders, Terlouw & Dijkstra, 2008; Desimone, 2009). Sitä edistävä koulutus edellyttää kuitenkin opettajilta uudenlaista suhtautumista työssä oppimiseen ja pitkäaikaista sitoutumista, jotta uuden opetussuunnitelman tavoitteiden saavuttaminen olisi mahdollista (Coenders & Terlouw, 2015). Tämä voi olla ristiriidassa opettajien omien koulutustoiveiden kanssa, sillä opettajat itse haluavat usein vapaaehtoista ja heidän omaan mielenkiintoon perustuvaa koulutusta (Jokinen et al., 2013) ja lyhytaikaista koulutusta (OM, 2006). Toisaalta osa opettajista toivoo myös pitkäaikaista koulutusta, joka tarjoaa mahdollisuuden lisäpätevöitymiseen (Jokinen et al., 2013).

Tutkimusperustainen kemian opettajuus ja ammatilliseen kehittymiseen tähtäävä koulutus voi antaa opettajalle työkaluja, jotka tukevat hänen henkilökohtaista oppimisen prosessiaan osana elinikäistä oppimista. Gilbertin (2002) mukaan tutkimusperustainen opettaja (usein käytetään termiä tutkiva opettaja) on tietoinen kemian opetuksen tutkimuksesta ja seuraa sitä aktiivisesti, hän osaa käyttää tutkimustuloksia hyväkseen omassa opetuksessaan ja hänellä on kokemusta kemian opetuksen tutkimuksesta joko johonkin tutkimukseen osallistumisen tai oman työnsä tutkimisen kautta.

Tutkimuksellinen kokeellisuus nähdään yhtenä keskeisenä opetussisältönä oppilaiden mielenkiinnon herättämiseksi (Osborne & Dillon, 2008). Oppilaiden kiinnostus opiskella kemiaa on vähentynyt sekä kansainvälisesti (Rocard et al., 2007) että kansallisesti (esimerkiksi Halkka, 2002; Aksela, 2005). Tärkeänä tekijänä kiinnostuksen puuttumiseen pidetään opetuksen laatua (Rocard et al., 2007; Osborne & Dillon, 2008). Tutkimuksellisella kokeellisuudella tässä tutkimuksessa tarkoitetaan sitä, että oppilaat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksen ja tulkitsevat tulokset pienissä ryhmissä yhteisöllisesti.

Tässä kehittämistutkimuksessa kehitetään tutkimuspohjaisesti kemian opettajille koulutusmallia, joka edistää tutkimuksellista kokeellisuutta lukion kemian kokeellisessa opetuksessa. Sen taustalla on teoreettinen malli siitä, kuinka laadukkaammat opetusmenetelmät näkyvät parempina oppimistuloksina (esimerkiksi Desimone, 2009; Whitworth & Chiu, 2015). Koska koulutus on osa opettajan elinikäisen oppimisen kaarta, se myös tarjoaa välineitä muutoksen käsittelyyn.

Kehittämistutkimuksessa käytetty SOLO-taksonomia (Structure of the Observed Learning Outcome) antaa mahdollisuuksia opettajien tukemiseen opetuksessa (Biggs & Collis, 1982; Biggs & Tang, 2007). Se toimii teoreettisena viitekehyksenä korkeamman tason ajattelutaitojen opettamiselle, johon liittyviä tietojaan opettajat tutkimuksen mukaan pitävät puutteellisina (Nurminen & Aksela, 2007). Tutkimuksen kohteena on opettajille suunnattu vapaaehtoinen LUMA -koulutuskurssi tutkimuksellisesta kokeellisesta opetuksesta lukiossa, joka toteutettiin sekä Suomessa että Thaimaassa (ks. tarkemmin luku 4).

## 1.1 PÄÄTUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuksessa haettiin vastauksia kolmella kehittämistutkimuksen ydinosa-alueella (Edelson, 2002) seuraaviin päätutkimuskysymyksiin:

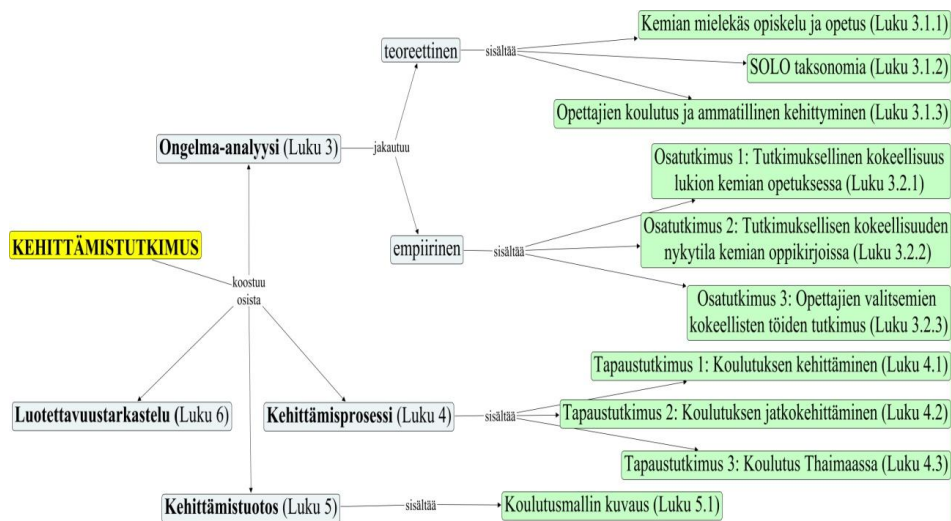
- 1) **Ongelma-analyysi:** Millaisia haasteita tutkimuksellinen kokeellinen opetus asettaa lukion kemian opettajille?
- 2) **Kehittämisprosessi:** Mitä mahdollisuuksia ja haasteita SOLO-taksonomia tuo kemian tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen tukemiseen?
- 3) **Kehittämistuotos:** Millaisia ominaisuuksia on tutkimuksellista kokeellisuutta lukiossa edistävällä opettajien ammatilliseen kehittymiseen tähtäävällä koulutuksella?

## 1.2 TUTKIELMAN RAKENNE

Väitöskirjassa raportoidaan kehittämistutkimus, jossa suunniteltiin, toteutettiin ja kehitettiin *Tutkimuksellisuutta lukion kemian kokeelliseen opetukseen* -koulutuskurssi. Kehittämisprosessi eteni vaiheina, joiden kehittämistä ohjattiin teoreettiseen ongelma-analyysiin perustuvan teoreettisen viitekehyksen ja empiirisen ongelma-analyysin tulosten avulla. Kehittämistutkimuksen rakenne on esitetty Kuvassa 1.

Luvussa 2 käsitellään kehittämistutkimuksen teoriaa sekä esitellään tutkimuksen kannalta keskeiset tutkimusmenetelmät.

Luvussa 3 käsitellään kehittämistutkimuksen ongelma-analyysiä. Teoreettisessa ongelma-analyysissä kuvataan tutkimuskirjallisuuden avulla koulutuksen kehittämisen kannalta keskeisiä teemoja: mielekäs oppiminen, kokeellinen oppiminen, tutkimuksellinen kokeellisuus ja opettajien täydennyskoulutukseen liittyviä haasteita ja ratkaisumalleja. Siinä esitellään SOLO-taksonomia, joka on koulutuksessa käytetty teoreettinen viitekehys. Se toimii työkaluna tutkimuksellisen lähestymistavan soveltamisessa kokeelliseen opetukseen. Empiirisessä ongelma-analyysissä esitellään kolme osatutkimusta, joiden avulla selvitettiin tutkimuksellisen kokeellisuuden mahdollisuuksia lukion kokeellisessa opetuksessa ja arvioitiin kokeellisen opetuksen nykytilaa ja tarpeita. Yhteenvetona sekä teoreettisesta että empiirisestä ongelma-analyysistä esitetään koulutuksen kehittämisen tavoitteet.



**Kuva 1** Kehittämistutkimuksen rakenne

Luvussa 4 kuvataan itse kehittämisprosessi, joka oli kahdeksanvaiheinen koostuen kolmesta eri tapaustutkimuksesta. Ne ovat kehittämistutkimuksen nk. kolme sykliä. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa toteutuneessa koulutuksessa saatuja kokemuksia ja koulutuksen tavoitteiden toteutumista tarkastellaan ja arvioidaan luvussa 4.1 ja sen pohjalta suunniteltu ja toteutettu uusi koulutus on tapaustutkimus 2, joka kuvataan luvussa 4.2. Luvussa 4.3 esitellään thaimaalaisten kemian opettajien kanssa toteutettu koulutus, joka on tapaustutkimus 3.

Luvussa 5 kuvaillaan tutkimuspohjaisesti kehitetty koulutusmalli.

Luvussa 6 tarkastellaan kehittämistutkimuksen luotettavuutta.

Luvussa 7 tehdään yhteenveto kehittämistutkimuksesta eri tutkimuskysymyksien osalta ja pohditaan tutkimuksen merkitystä sekä esitetään jatkotutkimusmahdollisuuksia.

## 2. KEHITTÄMISTUTKIMUS

Tässä luvussa esitellään kehittämistutkimuksen teoriaa sekä kootaan ja kuvaillaan, miten tutkimusaineisto hankitaan ja analysoidaan.

### 2.1 KEHITTÄMISTUTKIMUS TUTKIMUSMENETELMÄNÄ

Kehittämistutkimus (engl. educational design research) on suhteellisen uusi tutkimusmenetelmä, josta julkaistiin ensimmäiset tutkimusartikkelit 1990-luvun alussa (Brown, 1992; Collins, 1992). Brownin (1992) tavoitteena oli suunnitella innovatiivinen oppimisympäristö ja samalla tutkia innovaation toteutumista käytännössä. Hänen mukaansa innovaation pitää olla sellainen, että se on siirrettävissä tavallisiin luokkahuoneisiin eikä siten vaadi kohtuuttomasti resursseja sen toteutuksessa. Innovaation pitää perustua jo olemassa olevaan tutkimustietoon ja sen tuomaa uutta tietoa tulisi voida käyttää edelleen opetuksen kehittämisessä. Brownin mukaan konkreettisessa opetustilanteessa vaikuttavat asiat, jotka aikaisempi tutkimus oli käsitellyt erillisinä tekijöinä, kuten opettajien koulutus, opetussuunnitelmat, arviointi, jne., muodostavat kokonaisuuden, jonka osia ei voi irrottaa toisistaan ilman, että se vaikuttaisi kokonaisuuteen. (Brown, 1992)

Kokeelliset ja kvasi-kokeelliset tutkimusmenetelmät eivät pysty riittävän hyvin kuvaamaan monimutkaista opetuksen ja oppimisen prosessia (Brown, 1992; Reeves, 2005; 2006). Oppimiskäsityksen muuttuessa oppimisen ei ajatella enää tapahtuvan pelkästään yksilön mielessä. Nykyisin kehittämistutkimus on muodostunut varteenotettavaksi tutkimusparadigmaksi niin opetusteknologian tutkimuksen kuin opetuksen tutkimuksen piirissä (Oh & Reeves, 2010). Kehittämistutkimuksen metodologiasta keskustellaan vilkkaasti (Design-Based Research Collective, 2003; Hoadley, 2004; Kelly, 2004; Juuti & Lavonen, 2006; Pernaa, 2013; Sandoval, 2014) mutta sen yksikäsitteinen määrittelemineen on osoittautunut vaikeaksi tehtäväksi (Pernaa, 2013).

Barab & Squire (2004) määrittelevät kehittämistutkimuksen kokoelmaksi lähestymistapoja, joiden tarkoituksena on tuottaa uutta teoriaa, tuotoksia ja käytäntöjä, jotka paitsi selittävät oppimista ja opetusta luonnollisissa kontekstissa myös mahdollisesti vaikuttavat niihin. Heidän mukaansa tutkijan pitää myös perustella oppimiseen liittyvät väitteensä ajankohtaisella teoreettisella tiedolla ja omalta osaltaan edistää teoreettisen tiedon kehittymistä.

Juuti & Lavonen (2013) pitävät kehittämistutkimuksen tavoitteena uuden tutkimustiedon luomista opetuksesta, opiskelusta ja oppimisesta sekä sellaisten innovaatioiden kehittämistä, jotka edistävät oppimista tai motivoitumista ja joita opettajat voivat käyttää työssään. Heidän mukaansa kehittämistutkimuksen viitekehys on pragmatismi, jonka mukaan toiminta ja tieto ovat kytkeytyneet toisiinsa: Tietoa opetuksesta ja oppimisesta ei voi erottaa opettajan toiminnasta. Kokemus opettamisesta ei vielä ole tietoa, mutta kun toimintaa reflektoidaan, siitä tulee tietoa. Kehittämistutkimuksen kontekstissa he tarkoittavat reflektoinnilla kaikkea innovaation kokeiluun liittyvää tutkimusaineiston hankintaa ja analysointia. (Juuti & Lavonen, 2013)

Schön (1987) erottaa kolmenlaista toimintaan liittyvää tietoisuutta: piilevä tieto toiminnassa (knowing-in-action), toiminnan aikainen reflektio (reflection-in-action) ja toimintaan kohdistuva reflektio (reflection-on-action). Toiminnan ohjaus ”piiloutuu” toimintaan siten, että toimija ei ole tietoinen siitä, miten tai miksi hän muuttaa

toimintaansa. Ajattelu ja toiminta eivät ole toisistaan irrallisia. Toimija ei ole tietoinen käytännöllisen tiedon alkuperästä, kuinka hän on sen oppinut eikä siten pysty kuvailemaan sitä. Toimintaan kohdistuva reflektio edellyttää toiminnan keskeyttämistä ja on siis mahdollista vasta toiminnan jälkeen. Toiminnan aikainen reflektio on aktiivista läsnäoloa toimintatilanteessa, kun taas toiminnan jälkeinen reflektio on toimintatilanteesta etäännyttä, jossa tilannetta katsellaan ulkopuolelta. Koska toiminnan jälkeinen reflektio on käsitteellistä, sitä on mahdollista kommunikoida. (Schön, 1987, 22-31)

Tässä tutkimuksessa käytetään Wangin ja Hannafin (2005, 6) määritelmää kehittämistutkimuksesta, jonka mukaan kehittämistutkimus on systemaattinen mutta joustava metodologia, jonka tavoitteena on parantaa opetuskäytäntöjä analyysin, suunnittelun, kehittämisen ja toteuttamisen sykleinä iteratiivisesti. Kehittämistutkimus tapahtuu todellisissa tilanteissa johtaen kontekstin mukaisiin kehittämistavoitteisiin ja teorioihin.

Kehittämistutkimus muistuttaa toimintatutkimusta (ks. s. 7). Kehittämistutkimuksen ja toimintatutkimuksen välillä nähdään olevan kuitenkin kaksi ratkaisevaa eroa: Toimintatutkimus perustuu kriittiseen paradigmaan, kun taas kehittämistutkimuksen taustalla on pragmatismi. Toimintatutkimuksessa kehitetään paikallisesti toimivia ratkaisuja, kun taas kehittämistutkimuksessa päätavoite on teorian luominen. Kehittämistutkimuksessa tutkija ei pyri kehittämään omaa opetustaan vaan hän tarkastelee kehittämistä ulkopuolisena tutkijana. Kehittämistutkimuksessa tavoitteena on myös saada aikaan ns. kehittämistuotoksia. (Aksela & Pernaa, 2013; Juuti & Lavonen, 2013)

Edelsonin (2002; 2006) mukaan kehittämistutkimuksen avulla pyritään vastaamaan kolmeen kysymykseen: 1) miten kehittämisessä edetään? 2) mitä tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on? ja 3) millaiseen tuotokseen kehittäminen johtaa? Kuhunkin kysymykseen vastaaminen johtaa erilaisiin kehittämisspätöksiin, joiden toteuttaminen tuottaa kolmentyyppistä uutta tietoa. Kehittämisspätös muodostuu jo olemassa olevan teorian ja tutkijan oman alustavan teorian pohjalta.

Ensimmäinen kysymys, *miten kehittämisessä edetään*, johtaa kehittämisspätöksiin, joiden mukaan valitaan ne ihmiset ja prosessit, joita tarvitaan koko kehittämistutkimuksen ajan suunnittelussa, valmistelussa, kehittämisessä, toteutuksessa ja arvioinnissa sekä jatkokehittämisessä. Tällöin saadaan tietoa siitä, mitä vaiheita tutkimus sisältää ja miten yksilöt toimivat osana kokonaisuutta. Kehittämisprosessi tuottaa toimintaa ja ajattelua ohjaavaa teoriaa. Kehittämisspätökset, jotka liittyvät toiseen kysymykseen, *mitä tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on*, johtavat ongelma-analyysiin, jossa määritetään kehittämistutkimuksen haasteet, tarpeet ja tavoitteet. Tämä tuottaa kontekstisidonnaista tietoa oppimisesta tai opetuksesta ja kuvailevia teorioita siitä, miten haluttuun lopputulokseen voidaan päästä. Päätökset, jotka liittyvät kolmanteen kysymykseen, *millaiseen tuotokseen kehittäminen johtaa*, ovat ratkaisu ongelma-analyysissä esiin nousseisiin haasteisiin ja tavoitteisiin. Ratkaisu kehittyy syklisesti tutkimuksen edetessä ja kehittäjien tietojen lisääntyessä. Kehittämistuotos tuottaa kontekstisidonnaisia malleja. (Edelson, 2002; 2006; Pernaa, 2013, 8)

Tutkijoiden (esim. Pernaa, 2013) mukaan kehittämistutkimusta ei tulisi raportoida samalla tavalla kuin perinteisiä tieteellisiä julkaisuja vaan julkaisun tulisi sisältää selvitys seuraavista:

- teoriaan ja kontekstiin liittyvät kehittämistavoitteet;
- tutkimusasetelman tarkka kuvaus, joka helpottaa syklien arviointia;
- kehittämiskuvaukset eri sykleille;

- kehittämistulokset eri sykleille;
- johtopäätökset, joissa otetaan kantaa kehittämisen mahdollisuuksiin ja haasteisiin.

Kehittämistutkimus suositellaan raportoitavaksi kehittämiskuvauksena (*design narrative*), jossa annetaan kokonaisvaltainen kuva koko kehittämisprosessista, kuten tehdään tässä tutkimuksessa. Se voidaan raportoida joko yksittäisinä artikkeleina, artikkelisarjana tai monografiana. (Edelson, 2002; Collins, Joseph & Bielaczyc, 2004; Bell, Hoadley & Linn, 2004; Juuti & Lavonen, 2006; Pernaa, 2013)

Tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan perinteisesti käsitteillä objektiivisuus, valideetti (onko tutkittu sitä, mitä on aiottu tutkia) ja reliabiliteetti (luotettavuus, toistettavuus), mutta ne eivät sellaisenaan sovellu kehittämistutkimuksen laadun kriteereiksi. Tässä tutkimuksessa käytetään Johannes Pernaan (2013, 20) esittämää mallia kehittämistutkimuksen luotettavuustarkastelulle, joka perustuu Design-Based Research Collectiven (2003) sekä Lincolnin ja Cuban (1985) tekemään luokitteluun:

- Kehittämisen tulee olla kokonaisvaltaista, jolloin kehittämistuloksena saadaan sekä ohjailevia malleja ja teorioita sekä kuvailevia teorioita (uskottavuus ja siirrettävyys),
- Kehittämisen tulee edetä sykleittäin ja sisältää jatkuvaa kehittämistä ja arviointia (uskottavuus, luotettavuus ja vahvistettavuus),
- Kehittämisessä tulee pyrkiä teorioihin, jotka ovat siirrettävissä kentälle opettajien tai muiden opetusalan ammattilaisten käyttöön (siirrettävyys),
- Kehittämisprosessiin tulee sisältyä testaamista autenttisissa olosuhteissa (siirrettävyys, luotettavuus ja vahvistettavuus) ja
- Kehittämistutkimuksen kaikki syklit tulee dokumentoida tarkasti (luotettavuus ja vahvistettavuus).

Lisäksi kehittämistutkimuksen luotettavuutta voidaan parantaa triangulaation avulla. Silloin, kun samaa asiaa tutkitaan erilaisten aineistojen avulla (esimerkiksi kysely, havainnointi, kehittämistuotos ja kehittämiskuvaus), puhutaan aineistotriangulaatiosta (luku 4), tutkijatriangulaatiossa samaa ilmiötä tutkii useampi tutkija (luku 3.2) ja teoriatriangulaatiossa tutkimusaineiston tulkinnessa käytetään useita eri teorioita (luvut 3 ja 4). Tutkimuksen luotettavuus paranee myös silloin, kun syklien ja testauksien määrä lisääntyy. Lisäksi luotettavuuteen vaikuttaa kehittämisen tarkka dokumentointi ja raportointi, jossa näkyy osapuolten saavuttama yhteisymmärrys tuloksista. (Pernaa, 2013; Design-Based Research Collective, 2003; Edelson, 2002; Tuomi & Sarajärvi, 2009)



## 2.2 TUTKIMUSAINEISTO JA KÄYTETYT MENETELMÄT

Kehittämistutkimuksessa käytetään usein eri tiedonhankintamenetelmiä ja aineiston analyysimenetelmiä. Taulukkoon 1 on koottu yhteenvetona, kuinka tämän kehittämistutkimuksen eri vaiheissa kerätään tietoa. Pääanalyysimenetelmä on sisällönanalyysi. Tiedonkeräys- ja analyysimenetelmät esitellään tarkemmin kunkin osatutkimuksen (luku 3.2) ja tapaustutkimuksen (luku 4) kohdalla erikseen.

**Taulukko 1** Kehittämistutkimuksen aineiston keräysmenetelmät

Tutkimukset	Tutkimusaineisto
Empiirinen ongelma-analyysi: 1) Tutkimuksellinen lähestymistapa lukion kemian kokeellisessa opetuksessa 2) Tutkimuksellisen kokeellisuuden nykytila kemian oppikirjoissa 3) Opettajien valitsemien kokeellisten töiden tutkimus	toimintatutkimus luokassa: havainnointi, kyselylomake oppikirjat  opettajien valitsemat työt
Tapaustutkimus 1: Koulutus 1	kyselylomake, haastattelu, keskustelu Optima -verkkoympäristössä, palautetut tehtävät, opettajien laatima materiaali
Tapaustutkimus 2: Koulutus 2	kysely, haastattelu, opettajien laatima materiaali, sähköpostikeskustelut
Tapaustutkimus 3: Koulutus 3 (Thaimaa)	opetuksen havainnointi, haastattelu, opettajan laatima materiaali

Seuraavassa kuvataan tarkemmin toimintatutkimus ja tapaustutkimus sekä sisällönanalyysi käytettynä analyysimenetelmänä.

**Toimintatutkimus:** Toimintatutkimuksella tarkoitetaan todellisessa maailmassa tehtävää interventiota ja sen vaikutuksen tutkimusta. Siinä pyritään vastaamaan johonkin käytännössä havaittuun ongelmaan tai kehittämään olemassa olevaa käytäntöä paremmaksi. Tässä tutkimuksessa se toteutetaan lukion kemian opetuksessa. Toimintatutkimus on tilannesidonnaista, kollaboratiivista, osallistuvaa ja itseään tarkkailevaa. Sille on ominaista reflektiivinen ajattelu, jossa tutkija pyrkii näkemään oman toimintansa ja ajattelunsa uudesta näkökulmasta. Sen tavoitteena on tulla tietoiseksi omista toiminnan päämääristä ja toimintatavoista, jotka ovat yleensä luonteeltaan piileviä. Toimintatutkimuksen etenemistä vaiheittain kuvataan tavallisesti spiraalin muodossa: Toiminta etenee suunnittelun, toiminnan, havainnoinnin ja reflektion kehänä (Carr & Kemmis, 1982).

**Tapaustutkimus:** Tapaustutkimus empiirisenä tutkimusmenetelmänä pyrkii vastaamaan ”miten” ja ”miksi” -kysymyksiin tavoitteena ymmärtää autenttisia tilanteita ja tapahtumia kokonaisvaltaisesti. Tässä tutkimuksessa on kolme tapaustutkimusta. Tutkimusstrategiat ovat tutkivia (exploratory), kuvailevia (descriptive) tai selittäviä (explanatory). Tutkimuksessa voidaan tarkastella yhtä tapausta tai useita rinnakkaisia tapauksia. Monien rinnakkaisten tapauksien tutkimuksessa halutaan usein varmentaa edellisessä tapauksessa

saatuja tuloksia tai tuottaa ennakkoidusti vastakkaisia tuloksia. Tutkimuksessa voidaan käyttää sekä laadullisia että määrällisiä menetelmiä. Datan keräämisessä ja yhdistämisessä käytetään triangulaatiota. (Yin, 2003)

Tapaustutkimuksen tavoitteena on laajentaa ja yleistää teorioita tilastollisen yleistämisen sijaan. Teoreettinen viitekehys toimii tukena tutkimuksen suunnittelussa, etenemisessä ja fokusoinnissa ja teorian avulla aineistosta voidaan rakentaa tulkintoja. Yleensä empiirisiä tuloksia verrataan aikaisempaan teoriaan. Jos kaksi tai useampi tapaus tukee samaa teoriaa, se antaa viitteitä toistettavuudesta (replication). Vielä merkittävämmästä havainnosta voi olla kysymys, jos empiiriset tulokset tukevat samaa teoriaa mutta eivät tue jotain muuta yhtä uskottavan tuntuista ns. kilpailevaa teoriaa. Analysoinnissa tuotetaan perusteluja saaduille tuloksille. Keskeiset tapaustutkimuksen analysointimuodot ovat mallin sovittaminen (aineiston pohjalta laadittua mallia verrataan teoreettiseen malliin tai testataan teoriaa), selitysten rakentaminen (kuvaillaan sanallisesti syy-seurausketjuja) ja aikasarja-analyysi (esimerkiksi yksittäisen muuttujan tutkiminen peräkkäisinä ajankohtina trendien löytämiseksi). (Yin, 2003)

Tapaustutkimuksen laatua voidaan testata käyttämällä tutkimuksen edetessä Taulukon kaksi kuvaamia taktiikoita. Tämän kehittämistutkimuksen luotettavuustarkastelu tehdään luvussa kuusi.

**Taulukko 2** *Tapaustutkimusten laadun testaaminen tutkimuksen eri vaiheissa*  
(Yin, 2003, 34)

Testi	Tapaustutkimuksessa käytettävä taktiikka	Tutkimusvaihe
Rakenteellinen validiteetti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• käytä useita eri tietolähteitä</li> <li>• luo perusteluketjuja</li> <li>• anna tiedonantajien lukea raporttia sen luonnosvaiheessa</li> </ul>	datan keräys datan keräys kokoaminen
Sisäinen validiteetti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• etsi kuvioita, mallia, kaavaa yms.</li> <li>• rakenna selityksiä</li> <li>• osoita kilpailevia selityksiä aineistossa</li> <li>• käytä loogisia malleja</li> </ul>	datan analyysi datan analyysi datan analyysi datan analyysi
Ulkoinen validiteetti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• käytä teoriaa yksittäisissä tapaustutkimuksissa tukena</li> <li>• käytä rinnakkaistapausten tutkimuksissa tukena replikaatio-logiikkaa</li> </ul>	suunnittelu  suunnittelu
Luotettavuus	<ul style="list-style-type: none"> <li>• käytä tapaustutkimuksen protokollaa toistettavuuden parantamiseksi</li> <li>• laadi tapaustutkimuksen tietokanta (raakatieto, muistiinpanot, raportit, dokumentit, kertomukset, jne.)</li> </ul>	datan keräys  datan keräys

**Sisällönanalyysi:** Sisällönanalyysi on perusanalyysimenetelmä, jolla voidaan analysoida monenlaisia laadullisen tutkimuksen aineistoja. Teorialähtöinen eli deduktiivinen sisällönanalyysi tulkitsee sisältöjä jo olemassa olevan teorian pohjalta (Tuomi & Sarajärvi, 2009, 113-117). Tässä tutkimuksessa sitä käytetään oppikirja-analyysissä ja opettajien valitsemien kokeellisten töiden (ennakkotehtävien) analyysissä.

Aineistolähtöinen sisällönanalyysi nostaa induktiivisen päättelyketjun kautta tutkimusaineistosta esiin käsitteitä, joiden avulla vastataan aineistolle esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Sitä on käytetty ensimmäisen tapaustutkimuksen haastattelujen analyysissä. Aineistolähtöinen sisällönanalyysi sisältää kolme vaihetta: Aineiston pelkistäminen, aineiston ryhmittely ja luokkien muodostaminen. Aineiston pelkistämässä litteroidusta haastattelusta valitaan tutkimuskysymyksiensä kannalta olennaiset kohdat eli alkuperäiset ilmaisut, jotka tiivistetään ns. pelkistetyiksi ilmaisuiksi. Pelkistetyt ilmaukset kootaan alaluokiksi ja alaluokat puolestaan ryhmitellään yläluokiksi ja yhdistetään edelleen pääluokiksi. Tässä aineiston abstrahointiprosessissa käsitteellistetään alkuperäiset kielelliset ilmaukset teoreettisiksi käsitteiksi ja johtopäätöksiksi. (Tuomi & Sarajärvi, 2009, 108-113)

Teorialähtöisessä analyysissä aineiston luokittelu perustuu aikaisempaan teoreettiseen viitekehykseen. Teoriaohjaavassa sisällönanalyysissä alaluokat tuotetaan aineistolähtöisesti, mutta yläluokat määräytyvät käytetyn teorian mukaan. Sitä on käytetty toisen tapaustutkimuksen haastattelun analyysissä. (Tuomi & Sarajärvi, 2009, 117-118)

**Haastattelu:** Haastattelun tavoitteena on ymmärtää, miten ihmiset rakentavat erilaisten tilanteiden tai asioiden merkityksiä ja kuinka merkityksellisiä ne ovat. Haastattelu on vuorovaikutusta, jossa molemmat osapuolet vaikuttavat toisiinsa. Haastattelu on ennalta suunniteltu, haastattelijan alulle panema ja ohjaama, ja haastateltavan on voitava luottaa siihen, että hänen sanomansa käsitellään luottamuksellisesti. Siinä ei voi kysyä mitä tahansa vaan kysymysten pitää liittyä tutkimusongelmaan. Kysely on haastattelu, jossa tiedonantajat täyttävät kyselylomakkeen joko valvotussa ryhmätilassa tai kotonaan. Tässä tutkimuksessa opettajilta kerättiin tietoa koulutuksen jälkeen käyttäen puolistrukturoitua lomakehaastattelua, jossa kysymykset olivat kaikille samat, mutta vastausvaihtoehtoja ei annettu valmiina. Teemahaastattelussa aihepiirit on etukäteen määritelty. Ne käydään läpi kaikkien haastateltavien kanssa, mutta teemojen järjestys ja laajuus voi vaihdella. Haastattelut nauhoitetaan ja litteroidaan sisällönanalyysiä varten. (Hirsjärvi & Hurme, 2001)

### 3. ONGELMA-ANALYYSI

Opetuksen kehittämistutkimus perustuu ongelma-analyysiin, koska kehittämistarpeen taustalla on aito ongelma (Juuti & Lavonen, 2006). Ongelma-analyysi jakautuu kahteen osaan: teoreettiseen (luku 3.1) ja empiiriseen ongelma-analyysiin (luku 3.2). Tässä tutkimuksessa ongelma-analyysillä selvitetään, mitä tarpeita ja mahdollisuuksia liittyy tutkimukselliseen kokeelliseen opetukseen lukiossa ja niiden pohjalta määritellään kehittämistavoitteet (luku 3.3).

#### 3.1 TEOREETTINEN ONGELMA-ANALYYSI

Teoreettisessa ongelma-analyysissä selvitetään, mitä tarkoitetaan käsitteillä kemian mielekäs oppiminen, kemian mielekäs kokeellinen oppiminen ja kemian mielekäs opetus. Lisäksi etsitään vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Miksi tutkimuksellista kokeellisuutta pitäisi toteuttaa koulussa? Miten SOLO-taksonomia voi tukea kemian opettajia tutkimuksellisen lähestymistavan opettamiseen kokeellisuudessa? Miten kemian opettajien koulutus tutkimukselliseen kokeellisuuteen pitäisi toteuttaa? Mitä haasteita ylipäättään liittyy opettajien koulutukseen, joita olisi tärkeä huomioida koulutuksen suunnittelussa?

##### 3.1.1 Kemian mielekäs opiskelu ja opetus

Lukion opetussuunnitelmat pohjautuvat konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen (LOPS, 2003). Sen tavoitteena on mielekäs (merkityksellinen) kemian opetus. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen taustalla on konstrukttiivinen tietoteoria ja kognitiivinen psykologia. Oppimiskäsitys ei ole varsinainen teoria vaan tietoteorian pedagoginen sovellus (Tynjälä, 1999, 37). Kognitiivisessa psykologiassa oppiminen nähdään tiedon prosessointina kuten kemian tutkimuksellisessa kokeellisuudessa. Oppija on aktiivinen tiedon käsitteittäjä; hän tekee havaintoja, vastaanottaa, valikoi, tallentaa, tulkitsee ja kehittää tietoa. (esim. Rauste - von Wright, von Wright & Soini, 2003) Kognitiivinen konstruktivismi korostaa yksittäisen oppijan tietorakenteiden ja mentaalisten mallien muutosta oppimisessa. Sosiaalisessa konstruktivismissa keskeistä kemian oppimisessa on puolestaan yksilön ja hänen ympäristönsä välinen vuorovaikutus.

Ihmisen tiedot ja taidot ovat organisoituneet tietorakenteiksi eli skeemoiksi. Konstruktivismin mukaan yksilö luo tietorakenteensa itse. Ihminen pyrkii hankkimaan tietoa ympäristöstään ja toisaalta hän toimii saamansa tiedon varassa ja pyrkii vaikuttamaan ympäristöönsä. Dynaaminen tasapaino ulkoisen ja sisäisen todellisuuden välillä saavutetaan assimilaation ja akkommodaation yhteisvaikutuksesta (adaptaatio). Ihminen pyrkii sisällyttämään saamansa informaation osaksi olemassa olevia tietorakenteita assimilaation kautta. Jos informaatio ei sovi olemassa olevaan tietorakenteeseen, dynaaminen tasapaino järkkyy ja sen seurauksena tasapainoasema uudelleen järjestäytyy siihen suuntaan, että uusi tieto sopii uusiin tietorakenteisiin ja uuteen tapaan käsitellä tietoa (akkommodaatio). (Rauste - von Wright, von Wright & Soini, 2003)

Vygotskin (1978) mukaan kognitiiviset prosessit ja tietoisuus kehittyvät kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa uusi toiminto tai käsite esiintyy sosiaalisena vuorovaikutuksena ihmisten välillä (*interpsychological*) ja vasta sen jälkeen yksilön sisäisenä asiana (*intrapyschological*) eli tietoisuutemme riippuu muista ihmisistä ja

kielellisestä vuorovaikutuksesta. Vygotski määritteli ns. lähikehityksen vyöhykkeen välimatkaksi yksilön sen hetkisen kehitystason ja hänelle saavutettavissa olevan kehitystason välillä. Tämän välimatkan ylittämiseen yksilö tarvitsee avuksi ylemmällä kehitystasolla olevan henkilön (opettaja tai kasvattaja) tai edistyneempien ikätoveriensa tuen. Oppiminen tapahtuu tällä vyöhykkeellä eikä sen rajoja voi ylittää. Toisaalta lähikehityksen vyöhykkeellä vähemmän osaavat voivat osallistua yhteistoiminnassa muiden kanssa toimintaan, johon heidän omat kykynsä eivät riitä. (Vygotski, 1978)

Tässä tutkimuksessa on tavoitteena tukea mielekästä kemian oppimista tutkimuksellisen kokeellisuuden avulla. Mielekästä (merkityksellistä) kemian oppimista tapahtuu, kun oppija voi liittää uuden tiedon jo olemassa olevaan kognitiiviseen käsiterakenteeseen, jolloin siinä voi tapahtua sekä laadullisia että määrällisiä muutoksia. (Ausubel, 1968) Kemian mielekästä oppimista tarkastellaan Jonassenin (1995) esittämän seitsemän mielekkään oppimisen ominaisuuden kautta.

1) **Aktiivisuus:** Kemian oppiminen ei ole pelkästään passiivista tiedon vastaanottamista vaan oppijan aktiivista kognitiivista ja/tai sosiaalista toimintaa, jossa hän tulkitsee uutta tietoa kemiasta aikaisempien tietojensa, käsitystensä ja uskomustensa pohjalta. Vastuu oppimisesta on oppijalla itsellään ja opettajan tehtävä on tukea ja ohjata oppimisprosessia.

2) **Konstruktivisuus:** Konstruktivismin mukaan kemian tieto ei siirry vaan oppija rakentaa sen uudelleen eli muodostaa itse tietorakenteita. Kaikki kognitiiviset toiminnot kuten havaitseminen, ajatteleva ja muistaminen liittyvät toisiinsa. Oppija havainnoi itseään tai ympäristöään valikoiden ja tulkiten informaatiota. Oppijan aikaisemmat kokemukset ja uskomukset vaikuttavat aina uuden tiedon tulkintaan ja ymmärtämiseen. Havainnot saavat merkityksensä, kun ne kytketään aikaisemmin opittuun, tulkitaan aikaisempien kokemusten muodostaman viitekehyksen pohjalta ja suhteutetaan vallitsevaan tilanteeseen. Oppiminen on seurausta oppijan omasta toiminnasta. (Rauste-von Wright, von Wright & Soini, 2003)

3) **Kollaboratiivisuus:** Kollaboratiivisella eli yhteisöllisellä oppimisella tarkoitetaan yhdessä oppimista pienissä ryhmissä jaetun tavoitteen saavuttamiseksi. Kun ryhmällä on yhteinen tavoite, jota kukaan ei voi saavuttaa yksin, syntyy positiivinen riippuvuus. Oppimistilanne on kollaboratiivinen silloin, kuin oppijat ovat samalla tasolla, he voivat suorittaa samoja toimintoja, heillä on yhteinen tavoite ja he työskentelevät yhdessä sen ratkaisemiseksi. Kollaboratiivinen vuorovaikutus on interaktiivista, synkronista ja neuvottelevaa. Kollaboratiivinen oppiminen eroaa perinteisestä ryhmätyöstä (kooperaatio), jossa ryhmän jäsenet jakavat tehtävän osiin, sitten kukin suorittaa yksin oman osansa ja lopussa osat kootaan yhteiseksi tuotokseksi. (Dillenbourg, 1999)

4) **Intentionaalisuus:** Toiminnan tulisi olla päämäärätietoista siten, että oppija asettaa itse omat tavoitteensa ja ottaa vastuun niiden saavuttamisesta. Tavoitteellisessa oppimisessa olennaista on oppijan pyrkimys tulla tietoiseksi siitä, mitä hän ymmärtää tai ei ymmärrä opittavasta asiasta. Näiden metakognitiivisten tietojen pohjalta oppija voi reflektoida ja oppia säätelemään omaa toimintaansa. (Rauste-von Wright, von Wright & Soini, 2003) Konstruktivistisessa pedagogiikassa oppijoita ohjataan kohti lisääntyvää oppimisen itsesääätelyä: alussa ulkoinen tuki ja kontrolli ovat suurimmillaan mutta niitä vähennetään oppimaan oppimisen, metakognitiivisten taitojen ja itseohjautuvuuteen kasvamisen myötä (Tynjälä, 1999)

5) **Vuorovaikutuksellisuus:** Konstruktivismi korostaa vuorovaikutuksen merkitystä oppimisessa. Sosiaalisessa vuorovaikutuksessa yksilön perustellessa omia käsityksiään ja ratkaisujaan hänen ajatteluprosessinsa tulee näkyväksi sekä hänelle itselleen että muille.

Näin hänelle tulee myös mahdolliseksi reflektoida niitä itsekseen tai yhdessä muiden kanssa. Oman ajattelun näkyväksi tekeminen auttaa paitsi yksilön itsensä ajattelun kehittämistä myös koko ryhmän yhteisen ymmärryksen kehittämistä ja tiedon rakentelua. Vuorovaikutus mahdollistaa myös sosiaalisen tuen saamisen ja antamisen toisille. (Rauste-von Wright, von Wright & Soini, 2003)

6) **Tilannesidonnaisuus eli kontekstuaalisuus:** Oppiminen on tilannesidonnaista eli tietoa ei voi erottaa niistä tilanteista, joissa se on opittu ja joissa sitä käytetään. Tämän vuoksi yhdessä kontekstissa (esimerkiksi koulussa) opittua ei välttämättä kyetä käyttämään toisenlaisissa olosuhteissa. Opitun siirtovaikutusta, transferia, kontekstista toiseen voidaan edistää kiinnittämällä huomiota jo opiskeluvaiheessa kyseessä olevan tiedon soveltamisen mahdollisuuksiin oppijan omassa elämässä ja toiminnassa tulevaisuudessa. Oppijan tulisi myös ymmärtää siirtovaikutus omaksi ongelmakseen. Uusissa tilanteissa aktiivinen yhteyksien etsiminen aiemmin opitun tiedon ja nykytilanteen välillä edistää siirtovaikutusta, kuten selitysten ja perustelujen miettiminen. (Rauste-von Wright, von Wright & Soini, 2003) Oppimisympäristöjen suunnittelemisen ja kehittäminen on tärkeää siksi, että kaikki oppiminen tapahtuu jossain kontekstissa: *”The differences between learning in different arrangements is not whether learning is situated or not, but how it is situated.”* (Greeno, 1998, 14).

7) **Reflektiivisyys:** Reflektiivisyydellä tarkoitetaan oman toiminnan perusteiden, lähtökohtien ja seurausten kriittistä arviointia. Reflektiivisessä oppimisessa pyritään tietoiseen ymmärtämiseen. Reflektiivinen oppija tarkastelee aktiivisesti omaa oppimiskokemustaan, jotta voisi konstruoida uutta tietoa, luoda uusia näkökulmia aikaisemmin oppimaansa ja tarvittaessa muuttaa käsityksiään. Itsereflektion avulla voimme saada itseämme, omaa minäämme, koskevaa tietoa, mikä on myös edellytys omien uskomusten ottamisesta tarkastelun kohteeksi. Tästä perspektiivistä omat näkemyksemme ovat näkemyksiä samalla tavalla kuin muidenkin ihmisten näkemykset ja voimme ymmärtää tiedon suhteellisuuden. Oppimiskokemukseen palaaminen on aktiivinen prosessi, jonka voi tehdä esimerkiksi oppimispäiväkirjan tai ryhmäkeskustelun avulla. Kokemukseen liittyy sen herättämät tunteet ja myös kielteiset tunteet tulee käsitellä, jottei niistä tule este uuden oppimiselle. Kokemuksen uudelleenarvioinnissa oppija pyrkii itsekriittisesti arvioimaan toimintaansa. (Rauste-von Wright, von Wright & Soini, 2003)

Tutkimuksellinen kokeellinen opiskelu aktivoi oppilaan korkeamman tason ajattelutaitoja (luku 3.1.1.3). Mielekkään oppimisen yhteydessä tehdään ero pintaoppimisen ja syväoppimisen välillä. Marton ja Säljö (1976) löysivät opiskelijoiden tekstin opiskelussa kaksi lähestymistapaa, joita he kutsuivat pintaoppimiseksi (*a surface approach to learning*) ja syväoppimiseksi (*a deep approach to learning*). Pintaoppimisessa huomio kiinnittyy annettuun tekstiin ja oppimisen tavoitteena on toistaa sitä mahdollisimman tarkasti. Syväoppimisessa opiskelijoiden huomio kiinnittyy tekstin merkitykseen. Tutkijat havaitsivat, että syväoppijat kykenevät löytämään tekstin kirjoittajan viestin, mutta pintaoppijoilla viesti on vääristynyt tai sitä ei löydy lainkaan. Syväoppimisessa tavoitteena on yleensä ymmärtää opiskeltava asia syvällisesti (*deep understanding*), mikä tarkoittaa sitä, että oppijan mieleen on muodostunut hyviä representaatioita opiskeltavista käsitteistä ja lisäksi nämä käsitteet ovat kytköksissä toisiinsa muodostaen ”verkkoja”. Tutkimuksellisessa kokeellisuudessa syväoppiminen näkyy esimerkiksi luonnontieteellisen ajattelun kehittymisenä, havaintojen ja tiedon jäsentymisenä, päättelykykynä ja arviointitaitoina (Näsäkkälä, Flinkman & Aksela, 2001).

Pintaoppijoilla oppimisen esteenä on usein heikko alkutietämys, jolloin he eivät kykene hyödyntämään oppimistapahtumaa. Lisäksi metakognitiivisen ajattelun ja opiskelutaitojen osalta heidän toimintansa ei ole riittävästi kehittynyt. Riittämätön alkutietämys johtaa usein myös kognitiiviseen ylikuormitukseen, joka rasittaa oppijan työmuistia liikaa. Oppija tarvitsee aiheesta lisää oppimiskokemuksia, sillä ”aikaisempi tietämys” ei ole staattinen tila vaan dynaaminen, kehittyvä prosessi. (Pitkäniemi & Kontturi-Kemppi, 2008)

Mielekäs oppiminen liitetään myös sisäiseen motivaatioon vastakohtana ulkoiselle motivaatiolle, jossa oppimista ajavat palkkiot, arv sanat ja suoritusmerkinnät. Sisäisen motivaation syntyminen edellyttää kolmen perustarpeen tyydyttämistä: tarve autonomian tunteeseen, tarve osaamisen tunteeseen ja tarve yhteenkuuluvuuden tunteeseen. Joidenkin opiskelijoiden osalta oppimista häiritsee se, että he eivät tiedä, mitä heiltä odotetaan eli mitä heidän tulisi oppimiseen tähtäävässä toiminnassaan tavoitella. Sen ehkäisemiseksi tarvitaan sisäisen motivaation lisäksi myös ulkoista motivaatiota, jota ajaa oppijan halukkuus ja tahto saavuttaa tietty oppimistavoite eli päämäärätietoisuus. (Pitkäniemi & Kontturi-Kemppi, 2008; Ryan & Desi, 2000)

Åhlbergin (1996) mukaan korkealaatuisen oppimisen ensimmäinen aspekti on mielekäs oppiminen. Mielekkäässä oppimisessa pyritään oppimaan jokin kokonaisuus ja sen olennaiset osat sekä kuinka ne liittyvät toisiinsa. Toinen aspekti on ns. syväoppiminen, jossa etsitään perusteita ja testataan jatkuvasti opitun todenmukaisuutta. Kolmas aspekti puolestaan on uutta luova oppiminen, joka liittyy uuden tiedon tuottamiseen ja uusien toimintavaihtoehtojen luomiseen. Mielekäs oppiminen on haasteellinen prosessi ja vaatii oppijoilta ponnistelua ja aktiivisuutta erilaisissa oppijakeskeisissä toiminnoissa. (Åhlberg, 1996)

### **3.1.1.1 Oppimiseen ja tiedonkäsitukseen liittyvät uskomukset**

Informaation määrä ja saavutettavuus lisääntyvät koko ajan ja opettajan käsitykset tiedosta ja tietämisestä vaikuttavat siihen, minkä merkityksen hän antaa kohtaamalleen tiedolle. Jotta opettajaa voisi koulutuksen avulla tukea luomaan nykyaikaisia oppimisympäristöjä kemiassa, täytyy olla selvillä hänen henkilökohtaisista epistemologisista uskomuksistaan (Lotter, Harwood & Bonner, 2007). Opettajan käsitys tiedosta ja tietämisestä kemiassa vaikuttaa hänen oppilaidensa vastaaviin käsityksiin. Epistemologisilla uskomuksilla viitataan yleisesti käsityksiimme inhimillisen tiedon ja tietämisen luonteesta ja tiedon perusteltavuudesta. Henkilökohtainen epistemologia muodostuu neljästä aspektista tietoon: tiedon varmuus, tiedon lähde, tiedon yksinkertaisuus ja perustelu tietämiselle. Yksilön epistemologisen kehityksen ajatellaan lähtevän liikkeelle rajoittuneesta, faktakeskeisestä epistemologiasta, jossa tieto näyttäytyy varmana, yksinkertaisena, absoluuttisesti totena tai epätotenä. Auktoriteeteilla on keskeinen asema tiedon perusteltavuudessa. Kehityksen seurauksena uskomukset voivat muuttua relativistiseen suuntaan: tieto on konstruointia, se ei ole enää absoluuttista, päättely on kontekstuaalista ja auktoriteetteja arvioidaan kriittisesti. (Hofer & Pintrich, 1997) Epistemologisia uskomuksia pidetään nykyisin myös tiedealakohtaisina (Muis, Bendixen & Haerle, 2006; Hofer, 2006; Vesterinen, 2012) ja opiskelijalla voi esiintyä samanaikaisesti eritasoisia uskomuksia (Sormunen & Väisänen, 2008). Henkilökohtainen epistemologia korreloi oppimisen lähestymistavan ja tieteellisen päättelyn kanssa: Oppilaat, joilla on konstruktivistinen luonnontieteen epistemologia, käyttävät mielekkäitä oppimisstrategioita. (Yang & Tsai, 2012)

Nykyiset oppimisteoriat kuvaavat oppimista käyttäen joko omaksumis- tai tiedonhankkimismetaforaa (*acquisition*) tai osallistumisen (*participation*) metaforaa. (Sfard, 1998) Perinteisesti opetus- ja oppimiskäytännöt perustuvat tiedonhankkimismetaphoraan, jonka mukaan ihmisen mieli on säiliö ja oppiminen tiedon mieleen kasautumista. Tiedon kasautuminen nähdään tapahtuvan kahdella tavalla: tieto joko siirtyy opettajan mielestä, oppikirjoista yms. opiskelijan mieleen tai tieto on ihmismielen itse rakentamaa (vrt. konstruktivismi). Tieto näyttäytyy molemmissa tapauksissa ihmisen sisäisenä tilana ja oppiminen on kognitiivinen prosessi, jossa yksilön tietorakenteet kehittyvät. Osallistumismetaforan mukaan oppiminen on osallistumista käytäntöihin ja aktiviteetteihin (Greeno, 1998) tai tiettyyn toimintakulttuuriin (enculturation) (Brown, Collins, & Duguid, 1989). Osallistumismetaforan mukaan tietoa tai tietämistä ei voi erottaa niistä tilanteista, joissa niitä käytetään. Oppiminen on tilannesidonnainen ja sosiaalinen prosessi, ja tieto on sidoksissa tähän sosiaaliseen toimintaan.

Bereiter ja Scardamalia (1996) esittävät kolmannen metaforan oppimiselle, jota he kutsuvat tiedon rakenteluksi (*knowledge building*). Tiedonrakentelun taustalla on filosofi Karl Popperin teoria kolmesta maailmasta (Popper & Eccles, 1977). Maailma 1 on fysikaalinen todellisuus (*the universe of physical entities*), maailma 2 on mentaalinen todellisuus (*the world of mental states*) ja maailma 3 on ihmisen luoma mietetodellisuus, ns. kulttuuritiedon maailma (*the world of the contents of thought*). Kulttuuritiedon maailma muodostuu kulttuurihistorian aikana kehittyneestä tiedosta, jossa ihmisten luomat ajatukset, ideat ja tarinat jatkavat olemassaoloaan riippumatta niitä luoneista ihmisistä, esimerkiksi tieteellinen teoria. Maailmat eivät ole toisiaan poissulkevia. (Popper & Eccles, 1977) Koulupetoksessa Popperin maailmojen päällekkäisyys näkyy tavallisesti siten, että oppimistavoite valitaan maailmasta 3 (tieteellinen teoria), jota perustellaan jokin havainnon tai kokeellisen työn kautta (maailma 1) ja opiskelun seurauksena teoria rakentuu tietorakenteeksi opiskelijan mielessä (maailma 2). Bereiterin ja Scardamalian (1996) mielestä kehittyneessä yhteiskunnassa ”mieli säiliönä” -vertauskuva ei riitä. Koulussa pitäisi hankkia valmiuksia, joiden avulla ihminen osaa käyttää hyväkseen kulttuurimaailmaan sisältyvää tietoa ja luomaan uutta tietoa käsitteellisiä luomuksia muokkaamalla. Tätä he kutsuvat tiedonrakenteluksi. Nämä luomukset ovat abstrakteja ja ne toimivat ajattelun työvälineinä, joita tarvitaan apuna maailman hahmottamiseen.

Paavola, Lipponen & Hakkarainen (2004) yhdistävät mallissaan edellä mainitut keskenään kilpailevat metaforat oppimisesta toisiaan täydentäviksi lähestymistavoiksi tarkastellessaan asiantuntijuutta sekä yksilöllisenä että yhteisöllisenä tiedon luomisen prosessina. Tätä yhteistä toimintakulttuuria he kutsuvat innovatiiviseksi tietoyhteisöksi. Mallissa asiantuntijuus kehittyä tiedonhankkimisen, toimintakulttuuriin osallistumisen ja uuden tiedonluomisen prosessien seurauksena. Tutkijat esittävät mallia erityisesti tukemaan muutosta koulumaailmaan: Se voi auttaa opettajia ymmärtämään konstruktivismia laajemmasta näkökulmasta kuin mitä tähän mennessä on tehty. Heidän mielestään on tärkeää, että oppilaat saavat osallistua tiedon luomisen prosesseihin koulussa ja heille kehittyä sellaisen oppijan identiteetti, jossa he ovat sekä tiedon kuluttajia että tiedon luoja. (Paavola, Lipponen & Hakkarainen, 2004)

Tiedon tuottaminen ja sen soveltaminen opetuslalla on todettu hitaaksi ja tehottomaksi verrattuna muihin tieteenaloihin, esimerkiksi lääketieteeseen ja teknillisiin tietosiin (OECD, 2000). Opettajat luottavat omaan kokemukseensa enemmän kuin tieteelliseen tietoon opetuksesta ja oppimisesta. Siksi opetustyötä ei pidetä samalla tavalla kehittyvänä



ammattina kuten lääkärin tai insinöörin ammatteja, jotka kehittyvät tiedon luomisen kautta (Bereiter, 2002). Tähän liittyen on esitetty vaatimus opettajista tutkijoina ja kouluista tutkimusorganisaatioina (esim. Hodson & Bencze, 1998; Hargreaves, 1999; Davies, 1999; Bereiter, 2002; McLaughlin & al., 2004), jolloin opettajat olisivat aktiivisesti mukana tiedon luomisen prosessissa joko yksin tai yhteistyössä muiden opettajien tai tutkijoiden kanssa. Opettaja tutkijana -liike, joka on peräisin 1960-luvulta ja vahvistui erityisesti 1990-luvulla, pitää omakohtaista tutkimustyötä, erityisesti toimintatutkimusta, välineenä sille, että opettaja oppii tarkastelemaan omaa työtään ja omaa kehitystään kriittisesti ja reflektoiden (Niemi, 1993).

Itsesäätelytaitojen (self-regulation skills) avulla yksilö ohjaa omaa oppimistaan ja toimintaansa. Itsesäätelytieto tarkoittaa yksilön metakognitiivisia ja reflektiivisiä taitoja. Opetusalalla niiden hallinta on tärkeää, koska opettajan tehtävänä on myös ohjata ja edistää opiskelijoiden itsesäätelytaitoja. Itsesäätelytaidot ovat keskeisiä opettajaprofession autonomian näkökulmasta, koska ne ovat edellytys elinikäisen oppimisen toteutumiselle. (Kremer-Hayon & Tillema, 1999)

Tynjälän (2006) mukaan itsesäätelytieto on keskeisessä roolissa opettajan ammatillisen asiantuntijuuden kehittämisessä. Formaalin eli teoreettinen tieto koostuu faktatiedosta ja käsitteellisestä tiedosta. Käytännöllinen ja kokeellinen tieto koostuu proseduraalisista tiedoista ja taidoista sekä hiljaisesta tiedosta ja intuitiosta. Koulutuksessa hankittu formaalin tieto muuttuu asiantuntijan joustavaksi informaaliksi tiedoksi ongelmanratkaisun kautta. Teorian ottaminen käytäntöön, käytännön kokemuksen käsitteellistäminen ja ongelmanratkaisu edellyttävät toimintoja, joiden avulla voidaan ulkoistaa hiljaista tietoa tai analysoida teoreettista tietoa ja käytännön kokemuksia. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi kirjoittaminen (oppimispäiväkirjat, analyttiset tehtävät), keskustelut, tutorointi, mentorointi ja ohjaus. Tällöin itsesäätelytieto voi kehittyä kytkeytyneenä opettajan tieto- ja ongelmakenttään. (Tynjälä, 2006, 108-109)

Luonnontieteen luonne (NOS = nature of science) viittaa tieteen epistemologiaan ja sitä kuvataan usein erillisten näkökulmien avulla, jotka liittyvät tieteelliseen tietoon, tietämiseen ja tieteen tekemiseen (Abd-el-Khalik, Bell & Lederman, 1998). NOS-käsitteen suomenkieliseksi vastineeksi on ehdotettu mm. ”luonnontieteellisen toiminnan ja tiedon luonnetta” (Sormunen, 2003, 281), mutta tässä käytetään lyhyempää suoraa käännöstä. Opiskelijan ymmärrystä luonnontieteen luonteesta pidetään keskeisenä osana luonnontieteellistä yleissivistystä (scientific literacy). Driver et al. (1996, 13) määrittelevät luonnontieteen luonteen ideoiksi tieteestä (*ideas about science*), jotka ovat erillisiä tieteellisestä sisältötiedosta. Esimerkiksi ajatus ideaaleista ja todellisista objekteista tai että tiede on sosiaalinen prosessi. (Driver et al., 1996)

McComas (1998) kokosi joukon tieteeseen liittyviä ”myyttejä”, jotka johtavat opetuksessa virheellisen mielikuvan rakentumiseen luonnontieteen luonteesta. Esimerkiksi myytti siitä, että on olemassa vain yksi tieteellinen menetelmä, jonka eri vaiheiden kautta tieteellistä tietoa tuotetaan. Sen varjoon jää tieto siitä, että tutkijat käyttävät ongelmanratkaisussa apunaan mielikuvitusta, luovuutta, aikaisempaa tietoa, sitkeyttä, jne. Yhtenä myyttien syntymisen syynä pidetään sitä, että tieteellisissä artikkeleissa tulokset julkaistaan yleensä tietyn standardin mukaan, minkä seurauksena tutkimus näyttää ulospäin noudattavan tiettyä kronologista mallia, joka sitten on kopioitu oppikirjoihin kuvaamaan tieteellistä metodologiaa. Jotta kuva tieteen luonteesta heijastuisi todellisempana koulumaailmaan, alan tutkijat ovat koonneet väittämiä, jotka antavat luotettavamman

kuvan siitä, millaista tieteellinen tieto on luonteeltaan (esim. ks. Lederman, 2006; Vesterinen, 2012):

- tieteellinen tieto on muuttuvaa (tentative),
- tieteellinen tieto nojautuu voimakkaasti, mutta ei täysin, havainnointiin, kokeellisiin tuloksiin (evidence), järkipäraseen argumentointiin ja epäilemiseen,
- tutkimukset edellyttävät tarkkaa tulosten kirjaamista, vertaisarviointia ja toistettavuutta,
- tiede ja teknologia vaikuttavat toisiinsa,
- sosiaalinen ja historiallinen ympäristö vaikuttaa tieteellisiin ideoihin,
- havainnot pohjautuvat teoriaan ja
- tutkijoiden tieteenalakohtaiset ja teoreettiset uskomukset, sitoutumiset, koulutus, kokemukset ja odotukset vaikuttavat tutkimukseen.

### **3.1.1.2 Mielekäs kokeellisuus kemian opetuksessa**

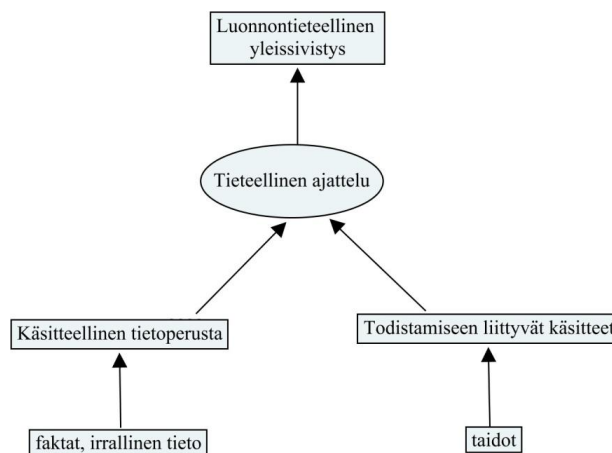
Kokeellisen opetuksen ympärillä on käyty vilkkaasti keskustelua siitä, mikä sen merkitys on kemian oppimisessa (Hofstein & Lunetta, 1982; 2004; Hodson & Bencze, 1998; Johnstone & Al-Shuaili, 2001; Abrahams & Millar, 2008). Suomessa koulutuksen seurantaraportin (Kärnä, Hakonen & Kuusela, 2012) mukaan peruskoulun päättävien luonnontieteellisten oppimistulosten ja koulussa käytettyjen työ- ja toimintatapojen välillä oli yhteys. Raportissa todetaan, että kokeellisella työskentelyllä ja tulosten järkevyyden pohtimisella on suurin yhteys kemian osaamiseen. Ilmiöiden syiden ja seurausten pohtimisella, havaintojen tekemisellä ilmiöistä, käsitteistä ja ongelmista keskustelulla opettajan johdolla sekä opettajan tekemillä demonstraatioilla on myös yhteys osaamiseen. Asenne kemiaa kohtaan peruskoulussa oli negatiivinen ja aikaisemman tutkimuksen (Halkka, 2002) perusteella se tuntuu jatkuvan läpi lukiovuosien. (Kärnä, Hakonen & Kuusela, 2012) Negatiivinen asenne luonnontieteiden ja kemian opiskelua kohtaan on yleistä länsimaissa (Osborne, Simon & Collins, 2003; Lyons, 2006; Toplis, 2012).

Kokeellinen opetus luonnontieteissä on kehittynyt nykymuotoonsa pikkuhiljaa vuosikymmenien varrella. Opetuksen tavoitteena ei enää pidetä tulevien asiantuntijoiden kouluttamista vaan tavallisten kansalaisten auttamista ymmärtämään tiedettä ja kehittämään sellaisia taitoja, jotka ovat hyödyllisiä heidän arvioidessaan jokapäiväistä elämää koskevia väitteitä. (Hofstein & Kind, 2012). Luonnontieteen opetus ei ole vain maailman ymmärtämiseen tähtäävää vaan sen tavoitteena on esitellä käsitteiden, ideoiden ja teorioiden maailmaa eli sitä mitä tiede on saavuttanut (Hodson, 1996a). Luonnontieteiden opetuksen nähdään kuitenkin edelleen heijastelevan positivistista näkemystä luonnontieteistä (Driver, Newton & Osborne, 2000). Sosiokulttuurinen näkemys tieteestä korostaa, että tieteellinen tieto on sosiaalisesti rakentunut. Tieteen tekemisen näkeminen sosiaalisena prosessina yksilöllisyyden korostamisen sijaan on muuttanut myös käsityksiä luonnontieteiden opetuksesta. Tutkijoiden mukaan kokeellisen toiminnan tavoitteeksi tulisi asettaa todisteiden tuottaminen tiedollisten väitteiden tueksi eikä pelkästään empiirisen tutkimustavan mallintaminen. Opetuksessakin huomio pitäisi kiinnittää luonnontieteelliseen epistemologiaan eli siihen, kuinka tietoa tuotetaan, arvioidaan ja siitä keskustellaan tiedeyhteisöissä. Koska luonnontieteen oppiminen on sosiaalistumista luonnontieteelliseen kulttuuriin, oppilaat tarvitsevat tilaisuuksia tieteellisten ideoiden ja tieteellisen ajattelun harjoitteluun yhdessä muiden oppilaiden ja opettajan kanssa. (Driver, Newton & Osborne, 2000)

Kokeellisen oppimisen lähtökohtana tulisi olla vuorovaikutukseen perustuva ajatusten jakaminen ja kokeellisen toiminnan tulisi olla ennen muuta kognitiivista toimintaa (Kuusela, 2000). Luonnontieteiden opetus, kuten tutkimus, on luonteeltaan kommunikaatiota, mutta koulun laboratoriotyöskentelyä ei voi rinnastaa aitoon tutkimuslaboratorioon, koska koulussa oppilaat eivät tuota uutta tieteellistä tietoa ja heidän tavoitteensa poikkeavat tieteentekijöiden tavoitteista. (Millar, 2004) Nott & Wellington (1996, 808) vertasivat koulussa tehtävää tutkimusta ”naiviin induktivismiin”, sillä koulussa tietoa ”uudelleen luodaan indoktrinoimalla käyttämään oikeita menetelmiä ja verifioimalla hyväksyttyä tiedon kaanonin”. Toisaalta ”naivissa induktivismissa” opiskelijalle voidaan antaa tehtäväksi keksiä muutamassa tunnissa sellainen asia, jonka löytäminen on vienyt alan huippututkijoilta vuosia. Oppilas ei voi keksiä sellaista, minkä tarkastelussa hänellä ei vielä ole käsitteitä apuna: Ilman käsitteellistä tietoa hän ei voi tietää, mihin katsoa, kuinka katsoa, tai kuinka tunnistaa ilmiön sen löydettyään. (Hodson, 1996a; Johnstone & Al-Shuaili, 2001)

Gott & Duggan (1996) korostavat mallissaan (Kuva 2) tieteellisen ajattelun kehittämisen merkitystä luonnontieteiden opetuksessa. Heidän mukaansa luonnontieteellinen yleissivistys (*scientific literacy*) voidaan saavuttaa vain, kun opiskelijoilla on riittävä tietoperusta toisaalta tieteenalain keskeisistä käsitteistä ja toisaalta tieteelliseen todistamiseen liittyvistä käsitteistä, jotka liittyvät esimerkiksi todistusaineiston keräämiseen, validointiin, esittämiseen ja tulkintaan. Taidoilla he tarkoittavat esimerkiksi kykyä käyttää mittausvälineitä tai esittää mittaus tulokset graafisesti.

Tutkijat huomauttavat, että tutkimustaidot ja todistamiseen liittyvät käsitteet eivät toteudu vain laboratoriotöitä tekemällä vaan niitä pitää opettaa kuten käsitteellistä tietoa. Hyvin suunniteltu kokeellinen työskentely on kuitenkin heidän mukaansa avainasemassa todistamiseen liittyvien käsitteiden opetuksessa. (Gott & Duggan, 1996)



**Kuva 2** Luonnontieteellisen kasvatuksen rakenne (Gott & Duggan, 1996, 793)

Kokeellisessa työskentelyssä saadaan kokemuksia maailmassa toimimisesta, minkä seurauksena ideat siitä kehittyvät. Millarin (2004) mukaan ilman ensi käden käytännön kokemuksia on vaikea ymmärtää todellisuutta, joka merkitsee dynaamisen tasapainon saavuttamista sisäisen ja ulkoisen todellisuuden välillä (s. 10). Keskeistä on hänen mukaansa oppijan havainto. Kokeellinen työskentely on tärkeää siksi, että siten voidaan olla varmoja siitä, että kaikki opiskelijat havaitsevat käytännössä saman asian. Videot ja simulaatiot ovat selektiivisiä mutta itse tekemällä saadaan kokonaisvaltainen kuva tilanteesta. Tosin ymmärtäminen ei vielä riitä, vaan opiskelijoiden pitää kehittää tieteellistä ajattelua, joka usein eroaa arkiajattelusta. (Millar, 2004)

Opetuksessa opiskelijoita tulee johdattaa kohti sellaisia kognitiivisia operaatioita, jotka tekevät tieteellisen ajattelun mahdolliseksi. Oppimisympäristön tulisi johtaa akkommodaation kautta ajattelun uudelleenjäsentymiseen oppijan oman konstruktivisen työn seurauksena. (Kuusela, 2000) Laboratorio-opetus voi osaltaan edistää episteemistä ymmärrystä ja argumentointitaitoja, jos oppimisympäristöt rakennetaan tietoa tuottaviksi yhteisöiksi, joissa oppilaiden on mahdollista soveltaa tieteentekijöiden soveltamia yhteisöllisiä standardeja omassa argumentoinnissaan (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez & Duschl, 2000; Duschl & Osborne, 2002). Tällöin laboratoriotöiden luonteella on tärkeä merkitys kehitettäessä sellaisia oppimisympäristöjä, jotka tukevat opiskelijoiden tieteellistä ajattelua (Chinn & Malhotra, 2002).

Kokeellinen opetus voi auttaa oppijoita luomaan yhteyden *todellisen maailman* (ilmiöt, materiaalit ja tapahtumat) ja *abstraktin maailman* (ideat ja ajatukset) välillä (Tiberghien, 2000). Kokeellisuus on sidoksissa teoriaan. Opiskelijoiden toimintaa tulisi ohjata teoria tai malli, jotta he ymmärtäisivät sen merkityksen ilmiön selittämisen ja ennustamisen tukena. Kokeellisuutta ei ole vain kokeiden tekeminen vaan siihen liittyy tulosten teoreettinen tulkinta. Tekeminen ja ajatteleva toiminta ovat yhtä tärkeitä. (Driver, Newton & Osborne, 2000; Millar, 2004; Viiri, 2012) Oppijan tulee tietää työskentelyn tavoite ja teorian tulee ohjata hänen havainnointiaan työskentelyn aikana. (Abrahams & Millar, 2008) Vertailututkimuksen mukaan kokeiden ja mittauksien määrän ei tarvitse olla suuri, jos niiden avulla opitaan syvällisesti. Opiskelijoiden tulee tunnistaa ongelma, siihen liittyvää teoreettista käsitteistöä, valita muuttujat, koelaitteet, kerätä ja tallentaa saatu kokeellinen tieto, analysoida ja ennustaa löydöistä ja puolustaa tehtyä analyysiä ja tulkintaa. Erityisenä tavoitteena ei ole datan keräys vaan tehtävät väitteet ja niiden perustelu. (Helaakoski & Viiri, 2011).

Tieteellisten todisteiden merkitys on erilainen luonnontieteiden perustutkimuksessa, soveltavissa tieteissä ja yhteiskunnallisessa päätöksenteossa. Niiden ymmärtäminen on tärkeä osa aktiivista kansalaisuutta. Luonnontieteissä todisteita tarvitaan kilpailevien teorioiden testaamiseen: data on alisteinen teorialle ja sen tehtävänä on joko tukea teoriaa tai kumota se. Soveltavissa tieteissä ja insinööritieteissä data on tärkeä itsessään ja teoria on sille alisteinen; teoria antaa puitteet, mutta empiirisesti kerättyä dataa käytetään ongelman mallintamiseen ja testaukseen. Yhteiskunnallisessa päätöksenteossa tarvittava todistusaineisto poikkeaa edellisistä siten, että se perustuu usein pitkäaikaiseen seurantaan eikä yksittäisiin tutkimustuloksiin. (Gott & Duggan, 1996)

On havaittu, että opettajat unohtavat usein abstraktin maailman tehtäviä suunnitellessaan. Millar (2004) on luokitellut hierarkkisesti kokeellisen työskentelyn oppimistavoitteita sisältötiedon perusteella (Taulukko 3). Useimmat laboratoriotyöt sisältävät todelliseen maailmaan liittyvät oppimistavoitteet (1-2), mutta ideoiden maailman (3-5) liittyviä oppimistavoitteita ne sisältävät harvemmin. Kuitenkin on epätodennäköistä,

että oppija ymmärtää tietyn käsitteen (3) tai kahden eri käsitteen välisen riippuvuuden (4) yhden kokeellisen työn seurauksena. Kokeellinen työ tulee siksi rakentaa osana laajempaa oppimistapahtumaa, jonka tavoitteena on tietyn idean tai ideoiden ymmärtäminen.

**Taulukko 3** Sisällöllisiä oppimistavoitteita kokeellisessa työskentelyssä (Millar, 2004)

<b>Oppimistavoitteena (intended learning outcome) on auttaa opiskelijoita</b>
1. tunnistamaan (identify) ja tutustumaan (familiarize) objekteihin ja ilmiöihin
2. oppimaan tosiasia/tosiasioita (fact)
3. oppimaan käsite (concept)
4. oppimaan käsitteiden välinen yhteys (relationship)
5. oppimaan teoria/malli (theory/model)

Domin (1999) luokittelee kemian kokeellisia opetustyyliä neljään eri luokkaan (Taulukko 4). Kunkin opetustyylin ominaispiirteet on jaettu kolmeen ryhmään lopputuloksen, lähestymistavan ja menetelmän mukaan. Verifioivassa eli todentavassa laboratorio-opetuksessa opiskelijat seuraavat opettajan antamaa työohjetta, jossa tutkimusmenetelmä on annettu valmiina ja oppilaat pyrkivät tiettyyn ennalta määrättyyn lopputulokseen, joka on usein luku. Tällä tavalla toteutettu laboratoriotyöskentely epäonnistuu yleensä oppimistavoitteissaan, koska sen sijaan, että opiskelijat miettivät, mitä he ovat tekemässä, he koettavat keksiä ”oikean” vastauksen, ja lisäksi heillä on liian vähän aikaa käytössään pohtia, mitä itse kokeessa tapahtuu. Myös ongelmaperustainen oppiminen (PBL) edustaa tyypillisesti deduktiivista lähestymistapaa oppimiseen: Opiskelijat luovat itse sopivan menetelmän ongelman ratkaisemiseksi ja kehittävät testattavia hypoteeseja oikean vastauksen etsimisen sijaan (Domin, 1999).

Sekä tutkimuksellisessa että keksintöperustaisessa oppimisessä lähestymistapa on induktiivinen: tiettyä ilmiötä tutkimalla opiskelijat voivat ymmärtää sen taustalla olevia käsitteellisiä ja yleisiä periaatteita. Keksintöperustaisessa oppimisessä opettaja ohjaa oivaltamaan halutun lopputuloksen antamalla riittävästi menetelmätietoa, mutta tutkimuksellisessa oppimisessä oppija suunnittelee itse tutkimusmenetelmän. (Domin, 1999) Keksintöperustaista ja yleensä induktiivista oppimista on kritisoitu siitä, että siinä teoria ja tulokset ovat suoraan yhteydessä toisiinsa. Ajatellaan, että käsitteellinen ymmärrys nousee kuin itsestään esiin havaintoaineistosta ja oppijat oivaltavat asian helposti. Todellisuudessa tarvitaan kuitenkin mielikuvitusta ja luovuutta selittämään havainnot. (Gott & Duggan, 1996; Millar, 2004)

**Taulukko 4** Opetustyyliä kemian laboratorio-opetuksessa (Domin, 1999, 543)

<b><u>Opetustyyli</u></b>	<b><u>Lopputulos</u></b>	<b><u>Ominaispiirre</u></b>	<b><u>Menetelmä</u></b>
Perinteinen verifioiva (todentava)	Ennalta määrätty	Deduktiivinen	Annettu
Tutkimuksellinen (avoin)	Tuntematon	Induktiivinen	Oppija tuottaa
Keksintöperustainen	Ennalta määrätty	Induktiivinen	Annettu
Ongelmaperustainen	Ennalta määrätty	Deduktiivinen	Oppija tuottaa

Hodson (2014) erottaa luonnontieteen oppimisen (*learning science*) luonnontieteestä oppimisesta (*learning about science*) ja tutkimuksen tekemisestä (*doing science*). Avoimessa tutkimuksellisessa laboratoriotyöskentelyssä lopputulos on tuntematon siksi, koska siinä ei ole kysymys kemian oppimisesta (*learning chemistry*) vaan kemiallisen tutkimuksen tekemisestä (*doing chemistry*). Käsitteet menevät osittain päällekkäin, mutta opettajan on opetuksen suunnittelussaan tärkeää tietää, mitä oppimisen tavoitteita hänellä on eri kategorioissa, jotta hän voi tehdä ne ymmärrettäväksi oppilaille. Silloin kun kokeellisen käsillä tekemisen tavoitteena on oppia käsitteellistä tietoa tai teoriaa, myös kokeellisuus kuuluu Hodsonin mukaan kemian oppimisen kategoriaan. Tutkimuksen tekemisen tavoitteena on kehittää tutkimisen taitoja ja hankkia kokemuksia sellaisesta tutkimuksen tekemisestä, jossa oppilas kontrolloi koko prosessia ja opettaja toimii yhteistyössä hänen kanssaan kumppanina, resurssina, kriittikkona, mahdollistajana ja henkisenä tukena. (Hodson, 2014)

Millar (2004) esittää, että tutkimustulokset ja selitykset pitäisi opetuksessa erottaa toisistaan. Havaintojen ja mittauksen perusteella saadaan tietoa ympäristöstä. Oppilaita tulee ohjata kehittämään omia työskentelyteorioita eli heidän omia arvauksiaan, hypoteeseja, selityksiä ja tulkintoja tutkittavista ilmiöistä (Hakkarainen, Lonka & Lipponen, 2001). Työskentelyteorioiden pohjalta voidaan tehdä ennustuksia, joita sitten verrataan kokeessa saatuihin tuloksiin. Jos nämä ovat yhteensopivia, se lisää opiskelijoiden luottamusta teorian selitysvoimaan. (Millar, 2004) Esimerkiksi, jos tutkitaan jonkin aineen liukoisuutta erilaisiin liuottimiin, ennen sitä pitäisi tuoda opetuksessa esille, mitkä tekijät vaikuttavat aineiden liukoisuuteen, jotta ennusteiden tekeminen olisi ylipäättään mahdollista. Muuten opiskelijat voivat lannistua liian vaikean tehtävän edessä yrittäessään ymmärtää yhteyksiä havaintojen ja teorian välillä ja olettaessaan, että muut opiskelijat oivaltavat yhteyden helposti. Saadessaan tällaisia kokemuksia opiskelija voi luoda pikkuhiljaa itselleen uskomuksen, että kemia ei ole häntä varten, koska se on hänelle aivan liian vaikea ymmärtää. (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996)

Kemian opetuksen onnistuminen riippuu usein opettajan kyvystä selittää abstrakteja ja monimutkaisia kemian käsitteitä ja opiskelijoiden kyvyistä ymmärtää niitä. Kemian asiantuntijat (kemistit, opettajat) kuvaavat kemian ilmiöitä käyttäen samanaikaisesti kolmea toisiinsa liittyvää esitystasoa: makroskooppinen (kokeet, kokemukset), submikroskooppinen (elektronit, atomit, molekyylit) ja symbolinen (esim. mallit, kaavat, reaktioyhtälöt) (Johnstone, 1993). Kemian opetus tapahtuu pääosin symbolisella tasolla. Laboratoriossa opiskelijat tekevät havaintoja makroskooppisella tasolla mutta he joutuvat tulkitsemaan tulokset submikroskooppisella tasolla. Opettajat olettavat, että opiskelijat kykenevät yhtä helposti kuin he itse siirtymään esitystasolta toiselle, mutta opiskelijoille se on vaikeaa. (Johnstone, 1993; Gabel, 1999; Treagust & al., 2003) Talanquer (2011) toteaa, että kemian opetus harvoin auttaa opiskelijoita rakentamaan siltaa kolmen eri esitystason välille. Hän ehdottaakin opettajille suunnittelun ja arvioinnin tueksi toista ”kolmiomallia” kemian tiedosta: Kokemukset (empiirinen tieto), mallit (selittämään kokemusmaailmaa) ja visualisoinnit (ajattelun ja viestinnän tuki liittyen kokemuksiin ja malleihin). (Talanquer, 2011)

Opettajat perustelevat yleensä kokeellisuuden teettämistä sillä, että se edistää opiskelijoiden teorian oppimista. Englannissa tutkijat (Abrahams & Millar, 2008) havaitsivat, että vastaavan perustelun ilmaisevilla opettajilla ei kuitenkaan ollut esittää mitään suunnitelmaa, jonka avulla he toteuttaisivat tämän tavoitteensa. Opettajat opettivat kemian teoriaa eksplisiittisesti mutta ajattelivat, että opiskelijat oppivat proseduraalista

menetelmätietoa implisiittisesti tehdessään kokeita. Oppimisen tehokkuuden näkökulmasta kokeellinen työ pitäisi suunnitella niin, että opiskelijoiden on helppo rakentaa linkkejä havaintojen ja ideoiden välillä kokeellisen työskentelyn aikana eikä sen jälkeen. (Abrahams & Millar, 2008)

Nykyaikainen kemian tutkimus käyttää apunaan tietokoneavusteisia menetelmiä. Mallit ja mallintaminen ovat tärkeä osa kokeellisen tutkimuksen havainnollistamista ja selittämistä. Laskennallinen kemia yhdistää kokeellisen ja teoreettisen kemian, kun kokeellisia ilmiöitä havainnollistetaan atomi- ja molekyyalitasolla. Lisäksi molekyylihallinnus tukee kokeellisten tutkimusten suunnittelua vähentäen kokeiden tarvetta. Molekyylihallinnuksen tuominen kemian opetuksen antaa opiskelijoille myös uuden ajattelun työkalun, kun he voivat mallintamalla ennustaa ja selittää kokeellisia tuloksia. (Lundell & Aksela, 2003) Mallintamisen tärkeys näkyy myös lukion opetussuunnitelman perusteissa: *”Kemian opetukselle on luonteenomaista kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen ja tutkiminen kokeellisesti, ilmiöiden tulkitseminen ja selittäminen mallien ja rakenteiden avulla, ilmiöiden kuvaaminen kemian merkkielellä sekä ilmiöiden mallintaminen ja matemaattinen käsittely.”* (LOPS, 2003).

### 3.1.1.3 Tutkimuksellinen (inquiry-based) oppiminen ja opetus

Maailmanlaajuisesti, erityisesti Euroopassa, yhä harvempi nuori on kiinnostunut kemian opiskelusta. Euroopan komission asettaman asiantuntijaryhmän mukaan se on seurausta koulujen opetustavoista. Se suosittelee tutkimuksellisten pedagogioiden käyttöönottamista kouluissa oppilaiden kiinnostuksen herättämiseksi luonnontieteiden opiskelua kohtaan. (Rocard et al., 2007) Tutkimuksellinen kokeellisuus tuo oppijakeskeisiä työtapoja opiskeluun ja siten lisää oppilaiden vastuuta omasta oppimisestaan. Perinteinen, pintaoppimiseen kannustava lähestymistapa, jossa pyritään asian ymmärtämiseen ja tiedon toistamiseen kokeessa, ei riitä kehittämään tulevaisuudessa tarvittavia älyllisiä valmiuksia. On havaittu, että opiskelijat voivat ratkoa hyvin vaativia algebrallisia ongelmia kemiassa huolimatta siitä, että heidän ymmärryksensä ongelman taustalla olevista käsitteistä on vaatimatonta. Se tekee kemian opiskelusta epärelevanttia eikä johda liittämään kemian tietojen merkitystä arkipäivän ongelmien ratkaisujen löytämiseen eikä siten kannusta kemian jatko-opiskeluihin. (Boujaoude, Salloum & Abd-El-Khalick, 2004) Tutkimuksellisen pedagogiikan on todettu tukevan mielekästä kemian oppimista. (esim. Hofstein & Lunetta, 2004; Aksela, 2005)

Mielekäs oppiminen lukion kemiassa kehittää oppilaiden korkeamman tason ajattelutaitoja ja edellyttää niiden harjoittamista opinnoissa (esim. Aksela, 2005). Miksi kokeellista työskentelyä sitten toteutetaan tutkimuksellisesti niin harvoin? Tutkimuskirjallisuuden (Holbrook & Rannikmäe, 1997; Backus, 2005; Brown et al., 2006; Cheung, 2007; Deters, 2004; Furtak, 2006; Hofstein, Shore & Kipnis, 2004; Roehrig & Luft, 2004; Wallace & Kang, 2004; Al-Naqbi, 2010; Smithenry, 2010; Vesterinen, 2012) mukaan opettajat esittävät yleisesti seuraavia esteitä tutkimuksellisen toiminnan toteuttamiselle käytännössä:

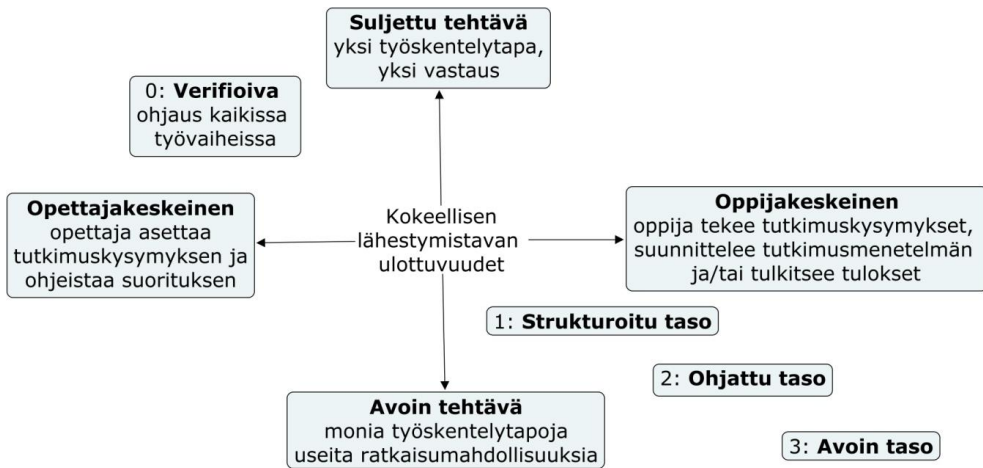
- 1) ajan puute, sillä aikaa ei muuten jää sisältöjen läpikäymiseen ja opettajat ovat haluttomia antamaan oppilaille riittävästi aikaa ajatella, jolloin käytettävissä olevan ajan puitteissa heillä on mahdollista vain harjoitella yksinkertaisempia taitoja kuten algebrallista ongelmanratkaisua ja soveltamisen taitoja;

- 2) opettajan uskomukset siitä, että vain kyvykkäimmät opiskelijat pystyvät tutkimukselliseen työskentelyyn;
- 3) sopivan opetusmateriaalin puute;
- 4) pedagogiset ongelmat, esimerkiksi Roehrig & Luft (2004) havaitsivat, että vaikka heidän tutkimassaan opettajaryhmässä osalla opettajista oli ollut vahva luonnontieteellinen osaaminen, he eivät toteuttaneet opetuksessaan tutkimuksellisuutta puutteellisten pedagogisten tietojen vuoksi;
- 5) opettajat ajattelevat, että korkeamman tason ajattelutaitojen harjoittelu edellyttää alemman tason ajattelutaitojen hallitsemista ensin eikä niitä voi harjoitella samanaikaisesti, jolloin vaativampia tehtäviä voidaan lykätä loputtomiin;
- 6) opettajat kokevat vaikeaksi sen, etteivät he voi kontrolloida mitä tutkimuksellisessa laboratoriossa tapahtuu;
- 7) suuret ryhmät;
- 8) opettajat pitävät tutkimuksellista toimintaa koulussa liian vaarallisena ja riskialttiina;
- 9) opettajat pelkäävät oppilaiden hankkivan itsenäisesti toimiessaan virheellisiä käsityksiä asioista;
- 10) oppilaat valittavat turhautuneena, koska kokevat alkuvaiheessa epävarmuutta siirtyessään uudenlaiseen tapaan opiskella;
- 11) arviointi on vaikeampaa kuin perinteisessä laboratoriotyöskentelyssä ja opettajalta menee paljon aikaa työselostuksien ja raporttien tarkastamiseen, ja
- 12) uskomus siitä, että tarvitaan hyvä väline- ja kemikaalivarasto ennen kuin tutkimuksellista toimintaa voi ylipäätään tehdä.

Tutkimuksellisuus käsittää monenlaisia lähestymistapoja oppimiseen, mutta sisältää tavallisesti kokeellisen työskentelyosuuden laboratoriossa. (Gott & Duggan, 1996; Näsäkkälä, Flinkman & Aksela, 2001) Tässä kehittämistutkimuksessa tutkimuksellinen kokeellisuus tarkoittaa yleensä oppimistilannetta, joka muodostuu tutkimuskysymyksistä, kokeellisen osuuden suunnittelusta, datan keräyksestä ja tulkinnasta sekä mahdollisten selitysvaihtoehtojen esittämisestä tutkimuskysymykseen saatujen tulosten perusteella. Lukion kemiassa tutkimuksellisuutta voidaan tehdä eri tavoin: Sen toteutus voi vaihdella lyhyestä, oppitunnin kestävästä opettajajohtoisesti tehtävästä tutkimuksesta itsenäiseen tutkimusprojektiin, joka edellyttää jo erillisiä käytännön järjestelyjä koulun taholta. Lukiossa voi olla erillinen tutkimuskurssi tai työkurssi voidaan sopia toteutettavan tutkimuksellisesti. (Näsäkkälä, Flinkman & Aksela, 2001) Tutkimuksellisessa kokeellisuudessa opiskelijat ovat aktiivisempia kuin perinteisessä laboratoriotyöskentelyssä. Korkeamman tason ajattelutaidot kehittyvät heidän muotoillessaan hypoteeseja, testatessaan niitä ja syntetisoidessaan uutta tietoa. (Svinicki, 1998)

Tutkimuksellinen kokeellisuus on oppijakeskeistä verrattuna perinteiseen laboratorio-opetukseen. Kuvassa 3 on kuvattu kokeellisen työskentelyn ulottuvuuksia nelikentässä, jota on täydennetty Uiton (2012) esittämän mallin pohjalta. Kokeellisen tehtävän luonne voi vaihdella suljetusta avoimeen ja tehtävän avoimuuden lisääntyessä myös oppijakeskeisyys kasvaa. Suljettu tehtävä on opettajalle turvallinen vaihtoehto, koska työskentelyä sellaisen parissa on helppo suunnitella ja toteuttaa koululuokassa. Tehtävän avoimuuden kasvaessa opettajan epävarmuus voi lisääntyä, sillä luokassa syntyvää toimintaa on vaikea ennustaa ja siksi tilanteen hallitseminen on työlästä opettajalle. Opettaja joutuu myös etsimään ja kokeilemaan uusia rooleja perinteisen roolinsa tilalle.





**Kuva 3** Kokeellisen lähestymistavan ulottuvuudet ja tutkimuksellisen toiminnan tasot Uiton (2012) mallin sovelluksena

Tutkimuksellista kokeellisuutta luokitellaan eri tavoin (esim. Abrams, Southerland & Evans, 2007; Germann, Haskins & Auls, 1996; Bell, Smetana & Binns, 2005). Taulukossa 5 olevassa luokittelussa tutkimuksellisen toiminnan taso määräytyy sen mukaan kumpi, opettaja vai oppija, on vastuussa tutkimuskysymyksen asettamisesta, tutkimusmenetelmän valitsemisesta ja tulosten tulkinnasta (Abrams, Southerland & Evans, 2007). Avoimessa tehtävänannossa oppilaat valitsevat tutkimuskysymyksen, kuinka keräävät dataa ja tulkitsevat lopuksi tulokset. Työskentely avoimien ongelmien parissa tyydyttää oppijan autonomisuuden tarvetta (Toplis, 2012). Tutkimuskysymys liittyy opiskeltavana olevaan laajempaan aihepiiriin, jota lähdetään selvittämään tarkemmin. Jos opettaja antaa tutkimuskysymyksen ja opiskelijat suunnittelevat itse tutkimusmenetelmän ja tulkitsevat tulokset, puhutaan ohjatusta tutkimuksellisesta toiminnasta. Strukturoidussa eli jäsennellyssä tutkimuksellisessa toiminnassa opettaja antaa sekä tutkimusongelman että ohjeet sen tutkimiseksi ja opiskelijoille jää vastuu tulosten tulkitsemisesta.

**Taulukko 5** Tutkimuksellisen toiminnan tasojen luokittelu sen perusteella, kuka on vastuussa kyseisestä toiminnasta (Schwab 1962; Abrams, Southerland & Evans, 2007)

Tasot	Tutkimuskysymys	Tiedon keräämisen menetelmä	Tulosten tulkitseminen
0 = Verifioiva (todentava)	Opettaja	Opettaja	Opettaja
1 = Strukturoitu (jäsennelly)	Opettaja	Opettaja	Oppija
2 = Ohjattu (guided)	Opettaja	Oppija	Oppija
3 = Avoin	Oppija	Oppija	Oppija

Itsenäinen tiedon hankinta ei vielä ole tutkimuksellista toimintaa. Oppilaiden tulee myös analysoida dataa ja kehittää vastauksia tutkimuskysymyksiin. Heidän ei tarvitse kuitenkaan itse kerätä dataa, opettaja voi antaa sen valmiina tai se voi löytyä internetistä, oleellista on mitä sillä tehdään. Oppilailla ei yleensä ole alussa riittävästi taitoja itsenäiseen tutkimukselliseen työskentelyyn ilman opettajan tukea. Eriasteisten toteuttamistasojen esittäminen tutkimuksellisuudesta (Taulukko 5) voi helpottaa opettajaa toiminnan suunnittelussa sellaiseksi, että oppilaat pystyvät vähitellen kehittämään tutkimustaitojaan ja ymmärtävät, mitä heiltä odotetaan. (Bell, Smetana & Binns, 2005) Ei ole yhtä optimaalista tapaa toteuttaa tutkimuksellisuutta: Vaikeustasoa, opettajajohtoisuutta ja oppilaskeskeisyyttä voidaan säädellä kulloisenkin ryhmän, tutkittavan ilmiön, käytettävissä olevan välineistön ja ajan suhteen. (Blanchard et al., 2010)

Tutkimuksellinen lähestymistapa liitetään moniin positiivisiin tuloksiin oppimistutkimuksessa, esimerkiksi sen on todettu lisäävän opiskelijoiden käsitteellistä ymmärrystä (Minner, Levy & Century, 2010), yhteisöllistä oppimista luokahuonetyöskentelyssä (Wolf & Fraser, 2008), luonnontieteen luonteen ymmärrystä (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004), tutkimustaitojen kehittymistä (Schneider et al., 2002; Wu & Kracjik, 2006; Cuevas et al., 2005), metakognitiivisten taitojen harjoittelua ja kehittymistä (Kipnis & Hofstein, 2008), korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymistä (Abd-El-Khalick et al., 2004; Krystyniak & Heikkinen, 2007), itseluottamusta (Nieswandt, 2007), positiivista asennetta luonnontieteisiin (Gibson & Chase, 2002), laadukkaampien kysymysten esittämistä (Hofstein et al., 2005) ja lisäksi sen on todettu edistävän asioiden tallentumista pitkäaikaiseen muistiin verrattuna perinteiseen laboratoriotyöskentelyyn (Blanchard et al., 2010).

Svinicki (1998) kuvasi tutkimuksellisen oppimisen hyviä puolia kolmesta näkökulmasta:

- 1) *Aktiivinen toiminta*, koska se motivoi paremmin kuin passiivisuus, lisää opiskelijoiden tehtävän huomioimista, ohjaa huomion kriittisiin muuttujiin, pakottaa vastauksen rakentamisen kysymykseen pelkän tunnistamisen sijaan, antaa palautetta usein ja heti alusta lähtien sekä luo tilapäistä muistia, josta voi rakentaa tietoa;
- 2) *Mielekäs oppiminen*, koska se hyödyntää henkilökohtaisia assosiaatioita, käsittää syvällisemmän ideoiden prosessoinnin, pakottaa kohtaamaan omat väärinymmärrykset, on konkreettinen ja tapahtuu autenttisessa kontekstissa;
- 3) *Tukee korkeamman tason oppimista*, sillä se näyttää tieteenalan dynaamisena prosessina eikä staattisena faktojen ulkoa muistamisena, kehittää ongelmanratkaisun strategioita, rohkaisee uskomaan omiin kykyihin oppia ja edellyttää vastuunottamista omasta oppimisesta.

Sahlbergin (1996) mukaan tutkimuksellisen lähestymistavan mukaisen opetuksen suunnittelussa ja oppimisen edellytysten luomisessa on neljä keskeistä tekijää: tutkiminen, tulkitseminen, vuorovaikutus ja sisäinen motivaatio. Opettajan tulee seurata niiden toteutumista sekä vahvistaa ja kannustaa oppijoita toimimaan niiden suunnassa. Tutkiminen edellyttää sekä oppilailta että opettajalta tutkivan ja ihmettelevän asenteen omaksumista sekä opetuksen ja oppimisen järjestämistä siten, että siitä tulee tutkimus- ja ongelmanratkaisuprosessi. Tiedosta tulee oppijalle merkityksellistä, kun hän itse tulkitsemalla rakentaa informaatiosta tietoa. Oppijan tulee oppia kysymään, etsimään tietoa ja analysoimaan sitä omien käsityksiensä ja kokemustensa pohjalta, koska juuri tulkinta liittyy uuden tiedon aikaisempiin tietorakenteisiin. (Sahlberg, 1996)

Yhtenä suurimpana esteenä tutkimuksellisen toiminnan toteuttamiselle pidetään sopivan opetusmateriaalin puutetta. On havaittu, että vaikka työohjeet osittain tukisivatkin tutkimuksellista lähestymistapaa kokeellisuudessa, niissä ei yleensä pyydetä oppilaita laatimaan tutkimuskysymyksiä, muotoilemaan hypoteeseja, käyttämään omia kokemuksiaan ja tietojaan tutkimuksen suunnittelun pohjana tai kommunikoidaan tuloksia (Germann, Haskins, & Auls, 1996; Al-Naqbi, 2010). On tärkeää, että koulussa tapahtuvassa tutkimuksellisessa työskentelyssä oppilaiden valitsemat tutkimuskysymykset ovat sellaisia, että niitä voidaan tutkia tieteellisin menetelmin ja että niiden ratkaisemisessa opiskelijat antavat etusijan tieteellisille todisteille. Opiskelijoiden kommunikoinnin ja vaihtoehtoisten selitysten tulee perustua tieteellisiin kriteereihin kuten todisteiden laatuun, teorian oikeellisuuteen ja perustelujen selkeyteen. (Driver, Newton & Osborne, 2000; Flick, 2006)

Käsitteet luonnontieteen luonne (NOS) ja luonnontieteellinen tutkimus (scientific inquiry) liittyvät läheisesti toisiinsa ja menevät osittain myös päällekkäin. Lederman (2006) väittää, että opiskelijoiden on mahdotonta ymmärtää luonnontieteellistä sisältötietoa syvällisesti, elleivät he ymmärrä, mitä luonnontieteen luonteella ja luonnontieteellisellä tutkimuksella tarkoitetaan. Kumpaakaan ei hänen mielestään voi ymmärtää koulun laboratoriotyöskentelyn sivutuotteena. Hän on tutkimuksiensa kautta havainnut, että vaikka opettaja ymmärtäisi molemmat käsitteet, ei voi automaattisesti olettaa, että hän opettaisi niitä tavalla, jotka ovat yhdenmukaisia hänen ymmärryksensä kanssa. Lederman korostaa, että luonnontieteen luonnetta ja tutkimuksellista lähestymistapaa pitää opettaa eksplisiittisesti niin kuin muutakin sisältötietoa (Abd-El-Khalik & Lederman, 2000; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Eksplisiittisellä opetuksella hän ei kuitenkaan tarkoita opettajakeskeistä didaktista lähestymistapaa vaan oppijakeskeistä keskustelua, joka perustuu opiskelijoiden omiin kokemuksiin heidän reflektoidessaan kokeellista työskentelyään: Mitä he tekivät, miksi he tekivät ja mitä vaikutuksia heidän toiminnallaan oli tuotettuun tietoon? Tämän tyyppisen keskustelun yhteydessä opettaja voi tehdä näkyväksi tieteen luonnetta esimerkiksi kysymällä opiskelijoilta vaihtoehtoisia selityksiä kerätylle datalle ja tuomalla yhdessä pohdittavaksi sitä, kuinka eri ryhmät voivat päätyä erilaisiin mutta yhtä päteviin selityksiin koskien samaa kerättyä dataa. (Lederman, 2006)

Tutkimukselliseksi suunniteltu oppitunti ei kuitenkaan välttämättä merkitse, että opiskelu olisi tutkimuksellista, koska opettajan oma toiminta oppitunnilla ratkaisee tutkimuksellisuuden asteen viime kädessä (esim. Blanchard et al., 2010). Anderson (2002) laati artikkelikatsauksessaan yhteenvedon sekä opettajan ja opiskelijan rooleista, että opiskelijan toiminnasta perinteisessä ja tutkimuksellisessa kontekstissa (Taulukko 6). Tutkimuksellinen kokeellisuus on yhdenmukainen konstruktivistisen oppimiskäsityksen kanssa. Opettajan roolina ei ole ohjata toimintaa vaan opiskelua ja oppimista antamalla tilaa oppijoiden omille havainnoille ja tulkinnoille siten, että vähitellen vastuu ohjaamisesta, kontrollista ja arvioinnista siirtyy oppijoille. Oppijakeskeisessä lähestymistavassa oppijoiden toimintaa tuetaan kohti itseohjautuvuutta ja tavoitesuuntautuvuutta. Anderson korostaa, että tutkimuksellisessa kokeellisuudessa opettajakin on oppija, koska kehittyäkseen oppimisen ohjaajana ja tukijana, hänen pitää harjoitella jatkuvasti. (Anderson, 2002)

Crawford (2000) havaitsi tapaustutkimuksessaan, kuinka tutkimuksellisessa lähestymistavassa opettajalla on vielä enemmän rooleja kuin valmentajan tai mahdollistajan roolit: hän voi olla motivoija, diagnostikko, opas, innovoija, kokeilija, kanssatutkija, roolimalli, mentori, yhteistyöntekijä ja oppija.

Oppilaiden näkökulmasta tutkimuksellisen toiminnan onnistuneen toteuttamisen esteenä on todettu olevan opettajan intensiivinen puuttuminen oppilaiden tutkimustoimintaan, oppilaiden kokemattomuus ja puutteelliset taidot sekä opetusmateriaalien laatu. Tutkija esittääkin, että opettajien koulutuksessa pitäisi korostaa erityisesti oppimisen ohjaamisen ja tukemisen taitoja (scaffolding), jotta opettajat eivät tahattomasti estäisi tutkimusprosessin etenemistä omalla toiminnallaan. (Al-Naqbi, 2010)

**Taulukko 6** *Perinteisen ja tutkimuksellisen lähestymistavan tuntomerkkejä Andersonin (2002) mukaan*

	<b>Perinteinen lähestymistapa</b>	<b>Tutkimuksellinen lähestymistapa</b>
<b>Opettajan rooli</b>	<b><u>Tiedonjakaja:</u></b> siirtää tietoa, kommunikoi yksilöiden kanssa, johtaa toimintaa, selittää käsitteiden välisiä suhteita, opettajan tieto on staattista, oppikirjajohtoinen toiminta	<b><u>Valmentaja ja mahdollistaja:</u></b> auttaa tiedon prosessoinnissa, kommunikoi ryhmien kanssa, ohjaa toimintaa, helpottaa ajattelua, mallintaa oppimisprosessia, käyttää materiaaleja joustavasti
<b>Opiskelijan rooli</b>	<b><u>Passiivinen vastaanottaja:</u></b> kirjoittaa muistiin opettajan jakamaa tietoa, painaa mieleen asioita, seuraa opettajan antamia ohjeita, opettaja on auktoriteetti	<b><u>Itseohjautuva oppija:</u></b> prosessoi tietoa, tulkitsee, selittää, laatii hypoteeseja, suunnittelee omaa toimintaansa, ottaa vastuuta tuloksista
<b>Opiskelijan tehtävä</b>	<b><u>Opettajan määräämät tehtävät:</u></b> täydentää kaavakkeita, samat tehtävät kaikilla opiskelijoilla, opettaja johtaa toimintaa	<b><u>Opiskelijan johtama toiminta:</u></b> johtaa omaa oppimistaan, opiskelijoilla voi olla erilaisia tehtäviä, omien tehtävien suunnittelu ja johtaminen, korostaa päättelyä, merkityksen tekemistä lukemalla ja kirjoittamalla, ongelmanratkaisua, tiedon rakentelua aiemmin opitun pohjalta, monimutkaisten ongelmien selittämistä

Kun opettaja ei ole enää tiedonjakajan roolissa, hän joutuu miettimään, milloin on sopiva hetki kertoa oppilaille vastauksia. Tutkijoille ei kukaan kerro oikeita ratkaisuja vaan he joutuvat perustelemaan vastauksensa jo olemassa olevan teoreettisen tiedon ja keräämänsä todistusaineiston pohjalta. Koulussa tilanne on erilainen, koska yleensä on jo olemassa tieteellisesti perusteltuja selityksiä oppilaiden kysymyksiin. Oppilaiden tiedetään turhautuvan, kun opettaja ”ei opeta” eikä anna heidän vaatimiaan ”oikeita” ratkaisuja vaan edellyttää heidänkin kehittyvän tutkijoiden tavoin vastauksia kerättyä dataa käyttäen (Deters, 2004; Backus, 2005).

Kuten tutkijoiden havaintoja ja toimintaa ohjaavat toiset tutkijat, samalla tavalla opettaja edustaa oppilaille tieteen auktoriteettia, joka ohjaa oppimista ja jakaa tietoa (Nott & Wellington, 1996). Opettajan tehtävä on kuitenkin tutkimuksellisessa kokeellisuudessa myös olla selvillä siitä, kuinka paljon hän voi kertoa ratkaisusta tukahduttamatta oppilaiden aktiivisuutta ja itseohjautuvuutta siinä opetuksen kontekstissa, jossa hänen täytyy koulussa

toimia (Germann, Haskins & Auls, 1996). Tutkimuksellisen toiminnan tavoitteena voisi olla Paolo Freiren (1970, 80) näkemys opettamisesta:

*”The teacher is no longer the-one-who-teaches, but one who is himself taught in dialogue with the students, who in turn while being taught also teach”.*

### 3.1.2 SOLO-taksonomia

SOLO (Structure of the **O**bserved **L**earning **O**utcome) –taksonomia (Biggs & Collis, 1982) tukee tutkimuksellisessa kokeellisuudessa tarvittavien ajattelutaitojen kehittymistä. Kognitiivisia prosesseja eli ajattelutaitoja määritellään ja luokitellaan eri tavoin (esimerkiksi Bloom, 1956; Anderson & Krathwohl, 2001; Aksela, 2005). Korkeamman tason kognitiivisilla taidoilla (HOCS) tarkoitetaan yleensä sellaisia taitoja kuten ongelmanratkaisun, päätöksen tekemisen ja kriittisen ajattelun taitoja (Zoller & Nahum, 2012). Bloomin taksonomiassa (Bloom, 1956) korkeamman tason ajattelutaidoilla tarkoitetaan soveltamisen, analysoinnin, arvioinnin ja syntetisoinnin taitoja erotuksena alemman tason ajattelutaidoista, joita ovat muistaminen ja ymmärtäminen. Korkeamman tason ajattelutaitoihin luetaan myös esimerkiksi argumenttien rakentaminen, tutkimuskysymyksen tekeminen, vertailujen tekeminen, monimutkaisten ei-algoritmisten ongelmien ratkaiseminen sekä tutkimustaidot, kuten hypoteesien muotoileminen, kokeiden suunnitteleminen ja johtopäätösten tekeminen (Zohar & Dori, 2003) Lavonen, Meisalo et al. (Malux kirjasto, 1994-1998) esittävät kognitiivisille prosesseille viisi tasoa luonnontieteiden opetuksessa hierarkkisessa järjestyksessä alimmalta tasolta ylimmälle seuraavasti: muistaminen ja ymmärtäminen, luokittelu ja jäsentäminen, induktiivinen päättely, deduktiivinen päättely ja analogiapäättely. Tässä tutkimuksessa ajattelutaitoja määritellään käyttäen SOLO-taksonomiaa (Biggs & Collis, 1982; 1989; Biggs & Tang, 2007).

Kemian syvälliseen ymmärtämiseen pyrkivässä opetuksessa opiskelijoiden tulee oppia käyttämään korkeamman tason ajattelutaitoja ja kehittämään omaa ajatteluaan (Nurminen & Aksela, 2007). Korkeamman tason ajattelutaidot ovat keskeisessä roolissa kemian käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämisessä. Opettajan tehtävä on luoda merkityksellisiä kemian oppimisympäristöjä. Tiedetään, että opettajan omalla ajattelulla ja uskomuksilla on suuri vaikutus hänen opetukseensa. Kun kemian koulutuskurssilla tutkittiin, minkälaisia käsityksiä peruskoulun ja lukion kemian opettajilla on korkeamman tason ajattelutaidoista, huomattiin, että niihin liittyvä teoreettinen viitekehys oli opettajille tuntematon osa-alue. Opettajat pitivät myös itse ajattelutaitojen opettamista ja korkeamman tason ajattelua vaativien tehtävien suunnittelua koskevia tietojaan puutteellisina. (Nurminen & Aksela, 2007) Jotta opettajat voisivat tukea opiskelijoita käyttämään korkeamman tason ajattelutaitoja, heidän täytyy itse ymmärtää, mitä niillä tarkoitetaan ja kuinka ne tuodaan mukaan opetukseen. Tutkimuksen perusteella opettajat hyötyisivät teoreettisesta työkalusta, jota he voisivat käyttää opetuksessa esiin tulevan tiedon kognitiivisten, ajattelun laatuun liittyvien ominaisuuksien kuvaamiseen.

#### 3.1.2.1 Osaamisen tasot SOLO-taksonomian mukaan

Biggs ja Collis (1982) kehittivät SOLO-taksonomian kuvaamaan tiedon hierarkkista järjestäytymistä rakenteeksi. Sen avulla opettaja voi kuvata ja arvioida oppilaiden kemian vastausten perusteella, kuinka he jäsentävät ja käyttävät tietoa ja millainen on heidän

ajattelunsa kognitiivinen taso. Heidän mallissaan oppimistuotoksia voidaan kuvata samalla tavalla kuin Piaget on kuvannut eri kehitystasoilla olevien lasten ajattelun ominaisuuksia (Biggs & Collis, 1982). Kognitiivisella kehityksellä tarkoitetaan tiedon vastaanottamiseen (havainnointi, tarkkaavaisuus), käsittelyyn (ajattelu, kielenkäyttö) ja varastointiin (muistin toiminta, oppiminen) liittyvää kehitystä. Teorian mukaan lapsen ajattelu kehittyy vaiheittain ja kukin kehitysvaihe on seuraavan edellytys. Tärkeää on kokemuksellinen kemian oppiminen, sillä jos oppilaalla on paljon kokemuksia jostain alueesta, hän pystyy operoimaan käsitteellisesti korkeammalla tasolla. SOLO-tasot on kuvattu Taulukossa 7. Siinä olevat muodolliset kehitysvaiheet ovat ohjeellisia, sillä Piagetin vaiheteorian tutkijat ovat päätyneet erilaisiin malleihin. (Yli-Luoma, 2003) SOLO-taksonomia on arvioinnin väline, jossa arvioinnin kohteena ei ole oppija vaan hänen ajattelunsa ominaispiirteet sellaisina kuin ne näyttäytyvät tietyissä oppimistuotoksissa tai oppimistilanteissa. Havaittuja oppimistuotoksia ei voi käyttää oppijan kehitystason arvioimiseen, sillä oppimiseen vaikuttavat myös muut seikat kehitysvaiheen lisäksi, kuten motivaatio, aikaisemmat tiedot ja opetus. (Biggs & Collis, 1982)

SOLO-taksonomia antaa monenlaisia mahdollisuuksia tukea kemian oppimista ja opiskelua. Sen avulla on tutkittu esimerkiksi opettajaksi opiskelevien episteemisten uskomusten rakenteita (Brownlee, 2001), matemaattista ajattelua (esim. Chick, 1998), kemian peruskäsitteiden ymmärtämistä (Levins, 1992; Claesgens et al., 2009), orgaanisen kemian ymmärtämistä ja ongelmakohtia (Hodges & Harvey, 2003), oppimisen laatua verkkokeskustelussa (Holmes, 2005; Kiviahde, 2005) ja luovaa ajattelua (Reid & Petocz, 2004). Sen lisäksi SOLO-taksonomiaa on käytetty mm. graafisen esitysten tulkitsemisen taitojen (Lake, 1999), kemian testaamisen (Schultz, 2011) ja eläinlääketieteen oppimistulosten arvioinnin (Koskinen, 2005) kehittämiseen ja hammaslääketieteen opiskelijoiden syväoppimisen edistämiseen (Lucander et al., 2010).

SOLO-taksonomiaa voidaan käyttää oppimisen laadun määrittämiseen objektiivisella ja järjestelmällisellä tavalla, sillä se kuvaa viittä oppimisen tasoa, jotka eroavat toisistaan sen suhteen, mitä vaatimuksia niiden tuottamisen voidaan arvioida asettaneen oppijan ajattelutaidoille (Taulukko 7). Vaatimusten arvioinnin lähtökohtana ovat Piagetin kehitystasot, joista arviointikriteereiksi on valittu sellaisia ajattelun ominaisuuksia, kuten työmuistin eli tarkkaavaisuuden alan kapasiteetti, suhteuttavan operaation luonne ja vastauksen sisäinen johdonmukaisuus. Työmuistin kapasiteetti tarkoittaa, kuinka moneen ratkaisun edellyttämään asiaan oppilas kykenee samanaikaisesti kiinnittämään huomiota ja kyseinen kapasiteetti kasvaa iän mukana. Suhteuttava operaatio viittaa siihen, millaisen kytkennän välityksellä kysymys ja vastaus liittyvät toisiinsa ja miten ongelman ratkaisuun tarvittavaa tietoa käytetään hyväksi. Kognitiivisen kehityksen myötä tarve ratkaisujen johdonmukaisuuteen kasvaa ja kehittyneimmillä tasoilla vastaaja pyrkii analysoimaan ja ottamaan huomioon kaiken ratkaisuun tarvittavan informaation. (Biggs & Collis, 1982; Leiwo et al., 1987)

SOLO-taksonomian alin taso on nimeltään esirakenteinen eli prestruktuurinen ja sillä tasolla oppijalla ei (vielä) ole lainkaan tietoa kyseisestä aiheesta. Hän ei joko osaa vastata esitettyyn kysymykseen, arvaa vastauksen tai toistaa tehtävässä tai muuten käytettävissä olevan tiedon sellaisenaan. Yksirakenteisella eli unistruktuurisella tasolla oppija käsittelee annettua aihetta yksipuolisesti vain yhdestä näkökulmasta. Vastauksessa on yksi relevantti seikka kysymykseen liittyen. Kysymyksen ja vastauksen välille muodostuu looginen yhteys, kun oppija kykenee pitämään kysymyksen mielessään siihen vastatessaan. (Biggs & Collis, 1982)

**Taulukko 7** Ajattelun viisi kehitysvaihetta ja niitä vastaavat havaittujen oppimistulosten (vastauksien) rakenteet eli SOLO-taksonomia (Biggs & Collis, 1982)

Ajattelun kehitysvaihe (vähimmäisikä)	SOLO-taso	Symboli	Vastauksen kuvaus + työmuisti
Esioperationaalinen vaihe (4 – 6 v.)	Esirakenteinen eli prestruktuurinen (prestructural)		Ei tiedä aiheesta mitään, arvaa, tautologia. Työmuisti minimaalinen: vihje ja vastaus sekoittuvat toisiinsa.
Varhaiset konkreetit operaatiot (6 – 10 v.)	Yksirakenteinen eli unistruktuurinen (unistructural)		Kysymys ja vastaus liittyvät toisiinsa yhden asian kautta, vastaaja käsittelee asiaa vain yhdestä näkökulmasta. Työmuisti pieni: vihje + yksi relevantti asia.
Konkreetit operaatiot (10 – 12 v.)	Monirakenteinen eli multistruktuurinen (multistructural)		Vastaus esitetään jo useasta eri näkökulmasta, mutta asiat eivät integroidu keskenään. Vastaaja ei kykene yleistämään eikä muodostamaan kokonaisuuksia. Työmuisti keskinkertainen: vihje + erilliset relevantit asiat.
Konkreetti yleistäminen (12 – 16 v.)	Suhteellinen eli relationaalinen (suhteutettu)* (relational)		Vastaaja kykenee analysoimaan syy-seuraussuhteita annetun tiedon tai oman kokemusmaailman puitteissa. Kykenee yleistämään ja osaa yhdistää tietyn kontekstin sisällä toisiinsa liittyvät asiat muodostaen kokonaisuuden, rakenteen. Työmuisti suuri: vihje + relevantit tiedot + asioiden väliset suhteet.
Formaalit operaatiot (16 + v.)	Laajennettu abstrakti (Korkea abstraktiotaso tai jatkettu abstrahointi tai avoin abstrakti)* (extended abstract)		Vastaaja kykenee yleistämään uuteen tilanteeseen yli annetun informaation, johtamaan induktiivisesti abstrakteja sääntöjä ja periaatteita ja ennustamaan sääntöjen perusteella uusia tapahtumia ja testaamaan niitä. Hän osaa esittää analogioita, joita ei ole annetussa tietoaineksessa. Työmuisti hyvin suuri: vihje + relevantit tiedot + asioiden väliset suhteet + hypoteesit.

\*Käytössä olevia rinnakkaisia käänöksiä.

Monirakenteisella eli multistruktuurisella tasolla oppija käsittelee aihetta jo useasta eri näkökulmasta monipuolisesti, mutta asiat pysyvät toisistaan erillisinä eikä synny yhtenäistä kokonaisuutta vaan vastauksesta muodostuu tyypillisesti luettelomainen. (Biggs & Collis, 1982) Kolme ensimmäistä SOLO-tasoa ovat kvantitatiivisia, sillä niissä opittava aines

lisääntyy määrällisesti vaihe vaiheelta. Niiden jälkeen vastaus muuttuu laadulliseksi, kun erilliset yksityiskohdat integroituvat muodostaen yhtenäisen rakenteen. Kvantitatiivisessa vaiheessa oppijan tiedon määrä kasvaa ja kvalitatiivisessa vaiheessa ymmärrys syvenee. (Biggs & Tang, 2007)

Suhteellisen tason vastaukseen sisältyvät kaikki keskeiset tiedot ja oppija osaa yhdistää ne toisiinsa jonkin periaatteen mukaisesti. Hän osaa päätellä induktiivisesti opetetun aineiston pohjalta. Oppija kykenee siirtämään ratkaisua, kunnes kaikki relevantti tieto ja asioiden väliset suhteet annetussa kontekstissa on kokonaan analysoitu (Leiwo et al., 1987). Laajennetun abstraktin tason vastaus sisältää kysymykseen liittyvän keskeisen tietoa-aineksen toisiinsa suhteutettuna kuten suhteellisella tasollakin, mutta lisäksi siinä sovelletaan asioita uuteen tilanteeseen ja kehitellään hypoteeseja. Oppija osaa yleistää induktiivisesti annetusta aineistosta sekä päätellä deduktiivisesti. Laajennetun abstraktin tason vastauksessa usein esitellään jokin abstrakti periaate tai sääntö, jota ei ole opetetussa aineistossa ja siitä päätellään deduktiivisesti seurauksia ja testataan niitä. Lisäksi voidaan pohtia jotain analogista tapausta. Johtopäätökset jätetään auki tai esitetään mahdollisia vaihtoehtoja. (Biggs & Collis, 1982) Suunnitellessaan oppimistehtäviä opettaja voi käyttää niiden laatimisessa apuna tiettyjä verbejä, jotka suuntaavat oppijoiden toimintaa osaamistavoitteiden (learning outcomes) suuntaisesti (Biggs & Tang, 2007). Verbejä eri SOLO-tasoilla on Taulukossa 8.

**Taulukko 8** *Hyödyllisiä verbejä, joiden avulla toimintaa voi suunnata eri SOLO-tasoilla olevien osaamistavoitteiden suuntaan (Biggs & Tang, 2007)*

SOLO-tasot			
Yksirakenteinen (U)	Monirakenteinen (M)	Suhteellinen (S)	Laajennettu abstrakti (LA)
painaa/palauttaa mieleen, identifioida, tunnistaa, laskea, määrittää, huomata, merkitä, sovittaa, nimetä, lainata, toistaa, ryhmitellä, kertoa kirjoittaa, imitoida jne.	luokitella, kuvailla, luetella, raportoida keskustella, valaista esimerkein, valita, kuvata, arvioida, järjestää peräkkäin, hahmotella, erottaa jne.	soveltaa, yhdistää, analysoida, selittää, ennustaa, päätellä, tehdä yhteenveto/ katsaus, todistella, suunnitella, vertailla, eritellä, organisoida, konstruoida, tutkia, ratkaista ongelma, jne.	teoretisoida, tehdä hypoteesi, yleistää, reflektoida, kehittää, luoda, koota, keksiä, todistaa/ratkaista sääntöjen perusteella jne.
<b>Kvantitatiivinen</b>		<b>Kvalitatiivinen</b>	

Yleisesti Piagetin teoria lapsen ajattelun vaiheittaisesta kehittymisestä on hyväksytty, mutta sitä on kritisoitu erityisesti siltä osin, että se ei huomioi lasten yksilöllisiä eroja ja ympäristöä, jossa he elävät. On myös esitetty, että on olemassa toinen formaalien operaatioiden vaihe. Kaaviossa 1 on esitetty kehitysvaiheet Biggsin ja Collisin (1989) mukaan, jossa on myös toinen formaalien operaatioiden vaihe mukana. Se on kehitetty tukemaan opetussuunnitelmatyötä ja arviointia SOLO-taksonomian avulla. Siinä oppimista kuvataan kahdella tasolla: a) opittujen sisältöjen abstraktiotaso eli moodi muuttuu kognitiivisen kehityksen myötä ja b) kunkin abstraktiotason sisällä tapahtuvaa opitun



rakenteen lisääntyvää kompleksisuutta (oppimisen syveneminen) kuvataan SOLO-taksonomian eri tasojen avulla oppimisen syklinä. Opetussuunnitelmatyössä oppimisen tavoitteet kuvataan käyttäen SOLO-taksonomian kolmea tasoa unistruktuurista suhteelliseen, koska esistruktuurin tason oppiminen tapahtuu liian alhaisella abstraktitasolla ja laajennettu abstrakti taso on puolestaan opetussuunnitelmatyön näkökulmasta liian abstrakti taso. Siirtymää unistruktuurilta tasolta multistruktuurille tasolle merkitään  $U \rightarrow M$ , joka on samalla siirtymä kvantitatiiviselta tasolta toiselle, mutta siirryttäessä multistruktuurilta tasolta suhteelliselle tasolle  $M \rightarrow S$ , siirrytään kvantitatiiviselta tasolta kvalitatiiviselle tasolle, jota kuvaa siirtymä ylöspäin nuolen suunnassa. (Biggs & Collis, 1989)

Biggs ja Collis käyttävät Piagetin (1950) kehitysvaiheita eri moodeina. Sensorimotorinen vaihe kuvaa kaikkein konkreettisinta oppimista, jossa aistiärsyke saa aikaan motorisen vasteen. Opimme motorisia taitoja koko elämäme ajan, mutta vastasyntyneellä ja pienellä lapsella se on ainoa tapa oppia. Sensorimotorinen oppiminen johtaa ns. hiljaiseen tietoon ”knowing how”. Toiminnan sisäistäminen johtaa siihen, että toimintaa pitää kuvitella, ajatella jonkin symbolin tai ikonin avulla. Sensorimotorisen moodin laajennettu abstrakti taso (LA) on nimeltään ikoninen moodi. Ikoninen oppiminen johtaa intuitioon. Esimerkkinä he kertovat, kuinka August Kekulé näki unissaan kuuden käärmeen jahtaavan toisiaan ja edelleen käärmeen syövän omaa häntäänsä, ja näiden unien seurauksena hän keksi bentseenin rakenteen. Kuva bentseenirenkaasta syntyi ikonisesti ja myöhemmin todisteiden ja argumentoinnin myötä tieteellinen yhteisö hyväksyi teorian. Konkreettis-symbolisessa moodissa abstraktisuus edelleen lisääntyy, kun käsitteitä ja operaatiota sovelletaan konkreettisessa maailmassa kirjoitetun kielen ja numeroiden avulla. Peruskoulun opetussuunnitelman tavoitteet tässä mallissa toteutuvat, kun opiskelijoiden toiminta konkreettis-symbolisella abstraktitasolla on suhteellisella SOLO-tasolla oppivelvollisuuden päättyessä. Oppiminen konkreettis-symbolisessa moodissa johtaa deklaratiiiviseen tietoon. (Biggs & Collis, 1989)

Kun opiskelijat alkavat kyseenalaistaa asioita hyväksymisen sijaan ja muodostavat hypoteeseja asioiden todellisesta luonteesta, siirrytään ensimmäiselle formaalille tasolle. Lukiossa aloittavan pitäisi kyetä ajattelemaan tällä tasolla ainakin omassa mieliaineessa. Biggsin ja Collisin mukaan yliopiston pääsykokeessa kokelaan tulisi kyetä osoittamaan ajattelua ensimmäisellä formaalilla tasolla. Oppiminen tällä tasolla on teoreettista tietoa. Tämän moodin suhteellinen SOLO-taso saavutetaan esimerkiksi silloin, kun suoritetaan alempi korkeakoulututkinto (bachelor’s degree). Ensimmäisen formaalin moodin laajennettu abstrakti taso kuuluu jo toiseen formaaliin moodiin. Kun yksilö kyseenalaistaa teorian ja käytännön perinteiset rajat ja luo uutta teoriaa ja uusia käytäntöjä, saavutetaan toinen formaali moodi. Oppimisessa se näkyy eri alojen innovaatioina ja jatko-opintoina. Oppiminen voi olla unimodaalista, jolloin se tapahtuu yhden moodin sisällä tai se voi olla multimodaalista, jolloin se ylittää kaikki aikaisemmat moodit tuottaen erityyppistä tietoa samanaikaisesti. (Biggs & Collis, 1989)

Opetussuunnitelman tavoitteet							
Saavutetun tiedon tyyppi						Taso opintojen päätösvaiheessa	
Ikä	Hiljainen	Intuitio	Deklaraatiivinen	Teoreettinen			
22	Motoriset taidot	Arvot, esteettisyys	Symboliset systeemit	Tieteenala	Vaihtoehtoiset teoriat	Tutkimus, ylempi yliopistotutkinto	
				(LA)	S ↑ U → M		
16			(LA)	↗ S ↑ U → M			Alempi yliopistotutkinto
6		(LA)	↗ S ↑ U → M				YO - tutkinto
1½	(LA)	↗ S ↑ U → M				Oppivelvollisuus päättyy	
Ikä	Sensori-motorinen	Ikoninen	Konkreettisympolinen	Formaali 1	Formaali 2		
Abstraktiotaso (Moodi)							

**Kaavio 1** Moodit, oppimisen sykli eli SOLO-tasot ja opetussuunnitelman oppimistavoitteet Biggsin ja Collisin (1989) mallin mukaan.  
(SOLO-tasot: U = unistruktuurinen, M = multistruktuurinen, S = suhteellinen ja LA = laajennettu abstrakti)

Suomalaista opettajankoulutusta halutaan kehittää tutkimusperustaisena (Niemi & Jakku-Sihvonen, 2009). Kaaviossa 1 esitetyn mallin mukaan voidaan tarkastella kemian aineenopettajien koulutusta. Se tarkoittaa, että opettajan täytyy kyetä hyödyntämään ajantasaista tutkimustietoa sekä kemian tieteestä että sen oppimisesta ja seuraamaan alansa kehitystä. Malli on laadittu australialaista oppimispolkua varten, mutta sitä voi soveltaa suomalaiseen todellisuuteen, jossa alempi yliopistotutkinto ajatellaan suoritettavan keskimäärin 3 vuodessa noin 22-vuotiaana ja maisteritutkinto kahdessa vuodessa noin 24-vuotiaana. Ensimmäinen formaali taso on yleensä korkein abstraktiotaso, jota edellytetään alemmassa yliopistotutkinnossa ja ammatillisessa toiminnassa. Tällä tasolla suoritetaan

tiedealakohtaiset teoreettiset opinnot ja aineenopettajilla on mahdollisuus saavuttaa toinen formaali taso maisteriopinnoissa omassa pääaineessaan.

Ainelaitoksilla tarjotaan nykyisin aineen opettamiseen liittyviä kursseja eri yliopistoissa, esimerkiksi Helsingin ja Jyväskylän yliopistoissa on kemian aineenopettajille omia kursseja jo kandidaattiopinnoissa. Opettajan pedagogiset opinnot kestävät tavallisesti yhden lukuvuoden ja koko opettajaksi kasvu yhteensä viisi vuotta perusopettajakoulutuksessa. Aineenopettajan pro gradu tutkimus on yleensä ainedidaktinen tutkimus eikä kemian perus- tai soveltavaa tutkimusta, joka tukisi tutkivan opettajan tavoitetta. Voi kysyä, onko todennäköistä, että opettaja siirtyy ensimmäiseltä formaalilta tasolta toiselle formaalille tasolle, jos hän opiskelee tavallisen kolmen opetettavan aineen yhdistelmän (kemia, fysiikka ja matematiikka), laatii ainedidaktisen pro gradu tutkielman ja suorittaa lukuvuodessa opettajan pedagogiset opinnot? Kaikkea ei voi sisällyttää perustutkintoon. Ammatillisen kehittämisen koulutuksen tehtävänä tulisi olla opettajan ammatillisen kehittymisen tukeminen siten, että se varmistaa siirtymisen ensimmäiseltä formaalilta tasolta toiselle formaalille tasolle. Muussa tapauksessa tutkimusperustaisen opettajuuden vaatimusta on käytännössä vaikea toteuttaa.

### **3.1.2.2 SOLO-työkalu tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen tukena**

SOLO-työkalun avulla kemian opettaja voi suunnitella kokeellista tuntia sen perusteella, mitä hän haluaa opiskelijoiden oppivan. Opettajien tiedetään harvoin suunnittelevan kokeellista opetusta, sillä he usein ajattelevat, että pelkästään tekemällä kokeellisuutta opiskelijat oppivat työskentelytaitoja ja teoriaa (esim. Abrahams & Millar, 2008). SOLO-taksonomian avulla opettaja voi tulla tietoiseksi siitä, mitä opiskelijat voivat parhaimmillaan työn kautta oppia ja mitä opiskelijoilta vaaditaan, kun kokeellinen työ suoritetaan ohjeen mukaan. Oppikirjat ovat yleensä keskeisessä roolissa kemian opetuksessa (Ahtineva, 2000; Abd-El-Khalick, 2008). Siten oppikirjoista löytyvät laboratorioiden työohjeet määrittelevät opetuksen tavoitteet ja toteutuksen laboratoriotyöskentelyssä opetussuunnitelman sijaan. Ahtineva toteaa väitöskirjassaan, että kun Opetushallitus luopui 1980-luvun lopulla oppikirjojen ”hyväksymismenettelystä”, sen jälkeen oppikirjan kirjoittajien, asiantuntijoiden ja kustantajan käsissä on ollut oppikirjan sisältö, esitystapa ja ulkoasu. Hän näkee, että vain tutkimuksen avulla on mahdollista parantaa oppikirjoja ja opetusta oppimistavoitteiden toteuttamiseksi. (Ahtineva, 2000) SOLO-taksonomia voi auttaa opettajaa lukemaan oppikirjan työohjeita ja muokkaamaan niitä oppimistavoitteiden suuntaisesti.

Perinteisestä työohjeesta voidaan laatia tutkimuksellinen työohje poistamalla yksityiskohtaiset suoritusvaiheet ja pyytämällä opiskelijoita itse suunnittelemaan tutkimusmenetelmä, jonka avulla tutkimuskysymykseen tai ongelmaan voidaan etsiä vastauksia (Bell, Smetana & Bills, 2005; Brown & al., 2006; Wilke & Straits, 2005). Tsapralis ja Gorezi (2005) säilyttivät verifioivan työohjeen, mutta lisäsivät sen loppuun tutkimuksellisen komponentin, jonka opiskelijat itse suunnittelivat ja toteuttivat. Myös Johnstone ja Al-Shuaili (2001) toteuttivat ensin verifioivan laboratoriotyön yksityiskohtaisine ohjeineen, mutta sen jälkeen opiskelijoiden tuli toteuttaa tutkiva osa, jossa testattiin verifiointivaiheessa tutuksi tulleen menetelmätiedon osaamista ja soveltamista mutta ilman ohjeita. Jotta tutkimuksellinen kokeellinen työskentely onnistuisi, opiskelijoilla täytyy olla jo jonkin verran tutkimustaitoja (esim. Bell, Smetana & Binns, 2005). Toisaalta opiskelijoille voidaan jakaa graafinen esitys tutkimuksen tuloksista ja

pyytää heitä suunnittelemaan ja toteuttamaan koe, joka antaa kyseisen tuloksen. Opiskelijoille voidaan myös antaa kuvaus kemiallisen kokeen koejärjestelystä ja pyytää sen pohjalta heitä ratkaisemaan, millaiseen tutkimuskysymykseen kyseinen järjestely antaa vastauksen. (Wilke & Straits, 2005) Edellisissä esimerkeissä on siirrytty keittokirjamaisesta työohjeesta, jonka vaatimustaso on jollain kolmesta kvantitatiivisesta SOLO-tasosta, tutkimukselliseen kollaboratiiviseen työskentelyyn, joka puolestaan on kvalitatiivisella SOLO-tasolla.

Millar (2004) luokittelee hierarkkisesti kokeellisen työskentelyn oppimistavoitteita Taulukossa 3 (s. 19). Oppimistavoitteet voidaan luokitella vastaavasti käyttäen SOLO-taksonomiaa: Unistruktuurilla SOLO-tasolla opiskelija voi tunnistaa objektin tai ilmiön tai oppia jonkun faktan (tavoitteet 1-2) ja multistruktuurilla tasolla opiskelija voi lisäksi oppia jonkun yksittäisen käsitteen (tavoitteet 1-3). Kun oppimistavoitteena on käsitteiden välinen yhteys (tavoite 4), ollaan suhteellisella SOLO-tasolla. Työskentely on mahdollista toteuttaa laajennetulla abstraktilla tasolla, kun oppimistavoitteeksi asetetaan teoria tai malli (tavoite 5).

Titraus on yleisesti käytetty tutkimusmenetelmä lukion oppikirjoissa. Kuvassa 4 on esitetty esimerkkinä titraustyö viidellä eri SOLO-tasolla. Kun opiskelijat titraavat ensimmäisen kerran, he tarvitsevat ohjeistusta työn suorittamiseen ja tulosten laskemiseen. Stoikiometriset laskut tulevat lukiossa vasta KE3 Reaktiot ja energia -kurssilla. Opettaja näyttää yleensä malliksi, kuinka titrataan. Sen jälkeen kun on titrattu ensimmäisen kerran käyttäen jotain kvantitatiivisen SOLO-tason työohjetta, suorituksen ohjeistuksesta voi luopua ja antaa opiskelijoille kokemuksia titrauksesta tutkimusmenetelmänä. Työohjetta seuraamalla opiskelija tutustuu työmenetelmään ja pystyy toistamaan sen myöhemmin tarvittaessa ohjeiden avulla. Jos halutaan, että opiskelija perehtyy työn suoritukseen syvällisemmin, pelkkä mekaaninen suoritus ei riitä vaan opiskelija pitää tietoisesti asettaa tilanteeseen, jossa hän joutuu miettimään eri työvaiheita ja miksi niitä tehdään niin kuin tehdään (Abrahams & Millar, 2008). Käyttäessään työohjetta ilman yksityiskohtaista työnsuorituksen ohjeistusta hän joutuu näiden kysymysten ääreen. Kun opettaja siirtyy kvantitatiivisen tason ohjeistuksesta kvalitatiiviseen, hän samalla johdattelee opiskelijan harjoittamaan korkeamman tason ajattelutaitoja. Suhteellisen ja laajennetun abstraktin SOLO-tason työohjeet ovat tutkimuksellisia, koska niissä opiskelijan tehtävänä on tulkita tuloksia ja/tai suunnitella tutkimusmenetelmä tai muita osia työn suorituksesta. Kvantitatiivisen tason työohjeita tarvitaan, kun tutustutaan esimerkiksi uuteen työmenetelmään mutta on ongelmallista, jos opiskelijoille esitellään joka oppitunti uusi asia eikä heiltä vaadita aikaisemmin opitun menetelmän soveltamista käytäntöön.

Usein esitetään vaatimus, että tehtävänannoissa pitäisi ratkoa todellisen elämän ongelmia, vaikka ne ovat usein monimutkaisia ja kuormittavat työmuistia. Työmuistilla tarkoitetaan kognitiivista rakennetta, jossa tietoiset prosessit tapahtuvat. Uuteen asiaan perehtymiseen tarvitaan hyvää ohjeistusta juuri työmuistin rajallisuuden vuoksi, sillä pitkäkestoisessa muistissa ei ole vielä mitään uudesta asiasta. (Clark, Kirschner & Sweller, 2012) Pitkäkestoinen muisti sisältää aiemmin opittua ja rakenteeksi järjestäytyntä tietoa. Viimeaikainen aivotutkimus (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006) on paljastanut, että pitkäkestoinen muisti ei ole vain passiivinen varasto vaan keskeinen ja hallitseva rakenne, joka on aktiivinen kaikessa, mitä me näemme, kuulemme ja ajattelemme. Työmuistin koko rajoittaa uuden tiedon prosessointia. Kun käsitellään jo aiemmin opittua tietoa, joka on organisoitunut pitkäkestoiseen muistiin, sitä voidaan käsitellä ja kuljettaa edestakaisin pitkä- ja lyhytkestoisen muistin välillä ilman rajoituksia. Siksi vähänohjeistettu

tehtävänanto ei toimi noviiseilla, mutta voi olla tehokas jo asiaa osaavilla. Toisaalta on havaittu, että yksityiskohtainen työohje ei toimi asiantuntijoilla, koska ohjeen seuraaminen ja ongelman ratkaiseminen samanaikaisesti kuormittaa työmuistia enemmän kuin tiedon palauttaminen pitkäaikaisesta muistista. (Clark, Kirschner & Sweller, 2006, 2012; van Merriënboer, Kirschner & Kester, 2003; Kalyuga et al., 2003) Tämän käänteisen vaikutuksen (*expertise reversal effect*) mukaan ne opetusmenetelmät, jotka ovat tehokkaita kokemattomille oppijoille, voivat menettää tehonsa ja toimia jopa päinvastaisesti kokeneempien oppijoiden kohdalla (Kalyuga et al., 2003).

Työmuistin ylikuormittamista voidaan ehkäistä kemian tutkimuksellisessa kokeellisuudessa muuttamalla tehtävänantoa osittain tai aloittamalla mahdollisimman yksinkertaisesta tehtävästä siirtyen vaikeittain kohti vaativampaa tehtävänantoa. Tutkijoiden (Merriënboer, Kirschner & Kester, 2003) mukaan tehtävän osittaminen voi vaikeuttaa kokonaisvaltaisen näkemyksen luomista käsillä olevaan tehtävään ja siksi he pitävät parempana koko tehtävänannon muuttamista yksinkertaisesta monimutkaiseen. Esimerkiksi yksinkertaisessa versiossa käsitteiden määritelmät ja avainsanat ovat selkeästi näkyvissä, kun taas kaikkein monimutkaisimmassa tehtävätyypissä käsitteiden määritelmät ovat epämääräisiä ja niiden väliset suhteet puuttuvat annetusta tiedosta.

Kuvassa 4 ensimmäisenä oleva esirakenteinen työohje on täysin ohjeistettu, jolloin oppilaan tarvitsee vain seurata ohjetta ja lopussa lukea mittaliuoksen kulutus byretin asteikolta ja sijoittaa se annettuun yhtälöön tuloksen saamiseksi. Yksirakenteisessa työohjeessa opiskelijan oletetaan osaavan jo stoikiometriaa sen verran, että hän pystyy laskemaan tuloksen itse annetun reaktioyhtälön avulla. Monirakenteisessa työohjeessa kaksi ensimmäistä työvaihetta poikkeavat kahdesta edellisestä: nyt opiskelijalle annetaan happonäyte koeputkessa ja pyydetään häntä ottamaan siitä 25 ml:n näyte titrauskolviin. Tässä vaiheessa syntyy keskustelua ryhmässä, sillä opiskelijoiden pitää ymmärtää laimentaa näyte 100 ml:n mittapulloon ja sitten tarkasti pipetoida siitä täyspipetillä 25 ml:n näyte kolviin. Opiskelijat yleensä huuhtelevat koko koeputkellisen näytteeksi, jolloin mittaliuosta kuluu koko byretillinen värin muuttumatta. Jos liuos on laimeampi ja ekvivalenttikohda saadaan näkyville, rinnakkaisnäytettä ei voi tehdä kuten kohdassa viisi pyydetään. Jos näyte osataan laimentaa, voi käydä, että se laimennetaan johonkin preparatiiviseen astiaan kuten keitinlasiin tai erlenmeyeriin, joista usein löytyy asteikko astian kyljessä. Näissä tilanteissa syntyy yleensä mielekäs oppijalähtöinen keskustelu opettajan ja ryhmän kesken edellyttäen, että opettaja ei alussa jo kertonut suoraan sitä, mitä työohje jättää avoimeksi.

Monirakenteisessa työohjeessa tulee jo monta analyttisen kemian työvaihetta näkyväksi: alkuperäinen näyte laimennetaan, jotta lopussa voidaan laskea kokonaismäärä näytteestä, voidaan titrata rinnakkaisnäyte ja säästää reagenssien kulutusta ja siten ympäristöä. Lisäksi käytettävät mitta-astiat ovat analyysilatuuta (mittapullo, täyspipetti) eivätkä preparatiiviset astiat kelpaa. Myös mittapullon sekoittaminen ennen näytteenottoa on tärkeä kokemus toistettavien tulosten aikaansaamiseksi.

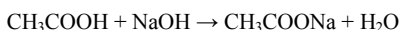
Suhteellisen tason työohje onnistuu ryhmässä, joka on jo titrannut aikaisemmin, ja on ainakin teoriassa tutustunut titrauskäyriin. Mittaliuoksen konsentraatiota ei ole annettu valmiina vaan se pitää päätellä itse titrauskäyrästä. Myös sopiva happo-emäsindikaattori pitää valita useiden happo-emäsindikaattoreiden joukosta. Opiskelijoiden pitää osata tulkita titrauskäyrältä natriumhydroksidiliuoksen konsentraatio ja valita sellainen happo-emäsindikaattori, jonka värinmuutosalue sopii heikon hapon ekvivalenttikohdan osoittamiseen. Opiskelijat suunnittelevat titrauksen itse eri työvaiheineen ja havaitsevat,

### Titrimetrinen analyysi: Esirakenteinen ohje

1. Huuhtelee koeputkessa oleva näyte huolellisesti 100 ml mittapulloon.
2. Pipetoi kolviin 25 ml:n täyspipetillä etikkahaponäyte ja lisää tislattua vettä niin, että kokonaistilavuus on noin 100 ml.
3. Lisää 2-3 pisaraa fenoliftaleiini-indikaattoria kolviin.
4. Täytä byretti 0,1 M NaOH-liuoksella ja aloita titraaminen. Päästä pieni määrä NaOH-liuosta kolviin, jolloin liuos värjäytyy vaaleanpunaiseksi. Sekoita liuosta, jolloin väri häviää, kun NaOH reagoi etikkahapon kanssa.
5. Kun jatkat NaOH-liuoksen lisäämistä pienissä erissä, huomaat, että kestää aina kauemmin ja kauemmin ennen kuin vaaleanpunainen väri häviää. Lähestyt titrauksen päätepistettä. Lisää vain 1-2 pisaraa emäsluosta kerrallaan. Kun yhden pisan lisäys muuttaa liuoksen värin vaaleanpunaiseksi ainakin 30 sekunniksi sekoituksesta huolimatta, olet saavuttanut titrauksen päätepisteen. Kirjoita ylös byretin lukema.
5. Toista määrittäminen eli kohdat 1-4 ja laske kahden kulutuksen keskiarvo.
6. Laske etikkahapon määrä näytteessä kaavasta  $m(\text{Etikkahappo}) = 0,006 \cdot V(\text{NaOH})g$

### Titrimetrinen analyysi: Yksirakenteinen ohje

Vaiheet 1-5 kuten esirakenteisessa. 6. Laske etikkahapon määrä näytteessä



### Titrimetrinen analyysi: Monirakenteinen ohje

1-2. Koeputkessa on tuntematon määrä etikkahappoliuosta. Ota kolviin 25 ml:n näyte etikkahappoliuosta ja lisää tislattua vettä niin, että kokonaistilavuus on noin 100 ml.

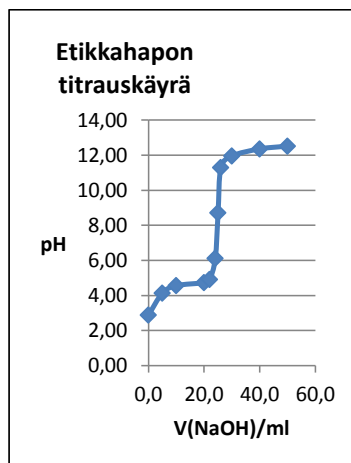
Vaiheet 3-6 kuten esirakenteisessa.

### Titrimetrinen analyysi: Suhteellisen tason ohje

Paljonko näyte sisältää etikkahappoa?  
Käytettävissä olevan NaOH -liuoksen konsentraatio on sama kuin viereisessä titrauskäyrässä, jossa on titrattu 5 ml:n suuruinen näyte 0.5M etikkahappoa. Mitä happo-emäs indikaattoreita voi käyttää tässä titrauksessa?

### Titrimetrinen analyysi: Laajennettu abstrakti ohje

Tarkistakaa vichyveden kloridipitoisuus?



**Kuva 4** Titraustehtävän esittäminen viidellä eri SOLO-tasolla

kuinka esimerkiksi mitta-astioiden valinta vaikuttaa suoraan mittaustuloksen luotettavuuteen ja toistettavuuteen.

Laajennetussa abstraktissa tehtävässä pitää tarkistaa kaupallisen vichyveden kloridipitoisuus. Vichyveden kloridipitoisuus löytyy yleensä pullon etiketistä, joskus se pitää hakea valmistajan nettisivuilta. Myös tässä työssä onnistumisen edellytys on se, että opiskelijoilla on jo kokemusta titraamisesta. Laajennetulla abstraktilla tasolla tietoa ei ole esitetty oppikirjassa tai luennolla vaan opiskelijat etsivät sen itse. He tutustuvat kirjallisuudessa erilaisiin titrausmenetelmiin ja löytävät kloridi-ionin

määritysmenetelmäksi saostustitrauksen itsenäisesti tai opettajan tukemana. Suunnitellessaan menetelmää he joutuvat testaamaan, kuinka titraus ja indikaattori toimivat käytännössä. Voi löytyä valmis työohjekin, jota pitää kuitenkin soveltaa koulun laboratorioon sopivaksi.

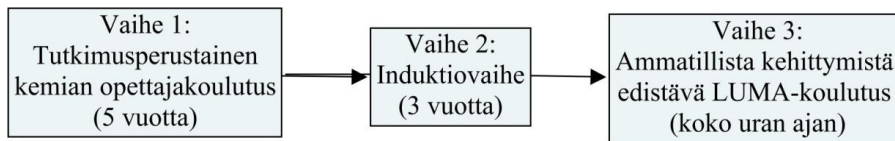
### 3.1.3 Opettajien koulutus ja ammatillinen kehittyminen

Kouluttautuminen on keskeinen osa kemian opettajan työtä. Kansainvälisen TALIS-tutkimuksen mukaan suomalaisten opettajien kiinnostus osallistua ja sitoutua pitkäaikaiseen ammatillisen kehittämisen koulutukseen on hiipumassa (Taajama, Puhakka ja Välijärvi, 2014). Alan tutkijoiden mukaan kuitenkin pitkäkestoinen koulutus on ratkaisu käytäntöjen uudistamiseen (ks. luku 3.1.3.2).

Opettajakoulutuksen päämääränä Suomessa 1990-luvulta lähtien on ollut ns. tutkiva opettaja, joka tutkimalla omaa työtään jatkuvasti kehittää sitä. Opettajana kehittyminen merkitsee laadullisia muutoksia mm. opettajan ajattelussa, tiedonkäsitksissä ja opetettavan aineen opettamisessa. Reflektio nähdään opettajan ammatillisen kasvun pääelementtinä. (Schön, 1987; Niemi, 1996)

Opettajan ammattitaidon perusta muodostetaan yliopistojen perusopettajankoulutuksessa mutta osaaminen edellyttää täydennystä ja päivitystä elinikäisen oppimisen tavoitteen mukaisesti (Tynjälä, 2006). Tutkimusperustainen opettajankoulutus voi tukea opettajia kehittämään opetusalan asiantuntijoiksi. Heidän tulee ymmärtää oppimisprosessin monimutkainen luonne ja nähdä myös todisteita siitä eri tavoin. Asiantuntijoina heillä tulee olla valmiutta analysoida tilannetta kuten tutkija avoimin mielin ja toimia sen pohjalta tai muuttaa käytäntöä tarpeen mukaan. (Niemi & Jakku-Sihvonen, 2009) Tutkimusperustainen opettajakoulutus nostaa esiin myös vaatimuksen tutkimusperustaisesta ammatillisen kehittämisen koulutuksesta.

Euroopan komissio (COM, 2007) esittää opettajille kuvan 5 mukaista koulutusmallia, joka on jatkumo elinikäisen oppimisen saavuttamiseksi. Aksela (2010) kuvaa koulutusmallin avulla opettajien koulutusta Helsingin yliopiston Kemian opettajankoulutusyksikössä, jossa on jo vuodesta 2001 koulutettu tutkimusperustaisesti opettajia yhteistyössä opettajankoulutuslaitoksen ja harjoittelukoulujen kanssa. Tutkivat kemian opettajat kykenevät seuraamaan sekä kemian että kemian opetuksen tutkimusta ja sisällyttämään tutkimuksessa saatuja tuloksia omaan ammatilliseen toimintaansa ja lisäksi he pystyvät osallistumaan itse opetuksen tutkimukseen. Opettajien opettajaopinnot ovat alusta asti nivoutuneet aineopintojen kanssa sekä kandidaatti- että maisterivaiheessa. Valmistumisen jälkeen uutta opettajaa tuetaan ja koulutetaan työssään induktiovaiheessa. Ammatillinen kehittyminen edellyttää koko uran ajan kestäväää koulutusta, jonka tavoitteena on elinikäinen tutkimusorientoitunut kemian opettaja. Opetussuunnitelman mukaan opettajien on saatava a) viimeisintä tietoa kemiasta ja kuinka se siirretään pedagogiseksi sisältötiedoksi (PCK), b) tutkimusperustaista (evidence-based) tietoa pedagogiikasta ja c) ja tutkimuksen informoimaa taitoa ja kompetenssia ohjata ja tukea erilaisia oppijoita. (Aksela, 2010; Handolin & Aksela, 2011) Pedagoginen sisältötieto jostain aiheesta kehittyy iteratiivisena prosessina opetuskäytännöissä kokemuksen karttuessa. Joidenkin kokeneiden kemian opettajien PCK voi lisääntyä jostain aiheesta järjestetyn lyhytaikaisen koulutuskurssin seurauksena mutta noviisiopettajat tarvitsevat lisäksi kokemuksia luokkahuonetyöskentelystä. (De Jong, Veal, & van Driel, 2002)



**Kuva 5** Kemian opettajan ammatillisen kehittymisen malli (Aksela 2010; COM, 2007)

Suomessa opettajien ammatillisen kehittämisen koulutus on jäänyt opettajien henkilökohtaiselle vastuulle. Kasvatustieteen päivien loppupaneelissa Oulussa 21.11.2014 panelistit olivat yksimielisiä siitä, että tässä suhteessa suomalaiset opettajat ”on jätetty heitteille”. Euroopan komission (COM, 2007) mukaan elinikäisen autonomisen oppimisen näkökulmasta ammatillinen kehittyminen näkyy siinä, että opettajat (i) refleктоivat käytäntöjään systemaattisesti, (ii) tekevät luokkahuoneperustaista tutkimusta, (iii) sisällyttävät opetukseensa luokkahuoneessa toteutetun tutkimuksen ja akateemisen tutkimuksen tuloksia, (iv) arvioivat opetusstrategioidensa tehokkuutta ja tekevät muutoksia niihin tekemänsä arvioinnin pohjalta ja (v) arvioivat itse oman koulutuksen tarpeensa.

### 3.1.3.1 Opettajan tieto

Shulman (1987) jakaa opettajan tiedon seitsemään kategoriaan, joita ovat: 1) sisältötieto (CK), 2) pedagoginen sisältötieto (PCK), 3) opetussuunnitelmatieto, 4) pedagoginen tieto (PK), 5) oppijat ja heidän ominaispiirteensä, 6) kasvatuksen kontekstit, 6) kasvatuksen tavoitteet ja arvot (Shulman, 1987). Opettajan opetukseen liittyvää tietoa on luokiteltu myös muulla tavalla. Esimerkiksi Grossman (1990) luokitteli tiedon seuraavasti: 1) yleinen pedagoginen tieto, 2) opetettavaa ainetta koskeva tieto, 3) pedagoginen sisältötieto ja 4) kontekstuaalinen tieto. Luonnontieteiden opettajan ammatillisen tiedon pääkomponentteina pidetään yleisesti sisältötietoa, pedagogista sisältötietoa ja pedagogista tietoa (Fischer, Borowski & Tepner, 2012).

Koska kemian aineenopettajat koulutetaan yliopistojen tiedelaitoksilla, heidän opetettavan aineen sisältötietonsa on korkeatasoista. On kuitenkin esitetty tutkimukseen perustuen, että tiedelaitoksilla tapahtuva tiedon rakentuminen ei sovi opettajan tarpeisiin (Koballa et al., 2000). Kun tutkittiin kemian opettajaksi opiskelevien käsityksiä oppimisesta ja opettamisesta, suurin osa ajatteli oppimisen tarkoittavan tiedon määrän lisääntymistä, tiedon mieleen painamista tai mieleen palauttamista sekä tiedon soveltamista, ja heidän käsityksensä kemian opettamisesta tähtäsi toteuttamaan samantyyppistä oppimista. (Koballa et al., 2000) Tapa, jolla kemian opettajat muuttavat kemian sisältötietoa opetettavaan muotoon riippuu siitä, kuinka he itse ovat oppineet kemian, heidän henkilökohtaisista uskomuksistaan kemian oppimisesta, opettamisesta sekä opetuksen kontekstista (De Jong, Veal & van Driel, 2002).

Pedagoginen sisältötieto kuvaa sitä, kuinka opettaja suunnitellissaan opetusta tietyille opiskelijaryhmälle jostain tietyistä aiheesta hyödyntää olemassa olevaa aihekohtaista sisältötietoaan ja yleistä pedagogista tietoaan ja samalla kartuttaa niitä edelleen. Pedagogisen sisältötiedon avulla kemian opettajat kykenevät tukemaan opiskelijoiden kemian oppimista. Pedagoginen sisältötieto on suoraan kytköksissä



luokkahuonekäytäntöihin, mutta se ei ole henkilökohtaista vaan formaalia tietoa. (Shulman, 1986)

Schneider ja Plasman (2011) kokosivat vuosien 1986 ja 2010 välisenä aikana julkaistujen luonnontieteen opettajien pedagogista sisältötietoa koskevien tutkimusartikkelien pohjalta yhteenvedon siitä, kuinka pedagoginen sisältötieto kehittyi vuosien kuluessa ja mitä opettajien koulutuksen suunnittelussa kannattaa ottaa huomioon. Tutkimukselliseen lähestymistapaan liittyvän pedagogisen sisältötiedon todettiin kehittyvän neljän vaiheen kautta: Ensimmäisessä vaiheessa opettajalla on negatiivinen asenne tutkimuksellista lähestymistapaa kohtaan, mutta vaihe vaiheelta asenne muuttuu opettajakeskeisyydestä oppijakeskeiseksi. Vaiheet ovat (Schneider & Plasman, 2011, 550):

”Tutkimukselliset strategiat ovat aktiviteetteja kuten käsillä tekeminen tai keksiminen ollen vaikeita toteuttaa ja ne voivat olla oppijoille sopimattomia.

→ Tutkimukselliset strategiat ovat ensisijassa mahdollisuuksia kerätä dataa havainnoimalla tai kokeita tekemällä ja ne voivat olla opettajakeskeisiä työtapoja.

→ Tutkimukselliset strategiat ovat mahdollisuuksia oppijoille laatia (tutkimus-) kysymyksiä tai kerätä ja työskennellä itse keräämänsä datan kanssa ja perinteiset oppitunnit voidaan muuttaa tutkimukselliseksi.

→ Tutkimukselliset strategiat sisältävät oppijoiden (tutkimus-)kysymyksien esittämisen, tutkimuksien suunnittelun, todisteiden keräämisen ja väitteiden laatimisen todisteiden (ja opetuksen) perusteella.”

Pedagogisen sisältötiedon kehittymisen kannalta opettajien on hyödyllistä ajatella ensisijaisesti oppijoita ja vasta toissijaisesti opetusta. Reflektiolla havaittiin myös olevan tärkeä merkitys pedagogisen sisältötiedon kehittymisessä. Opettajien koulutuksen osalta tutkijat totesivat, ettei se yleensä perustu aikaisempiin kokemuksiin ja tähtää etenemistä korkeammalle tasolle vaan kaikille opettajille, niin vasta-alkajille kuin kokeneille opettajille, annetaan yhteistä koulutusta. Toisaalta tutkijat totesivat, että tutkimuksen perusteella opettajien pedagogisen sisältötiedon määrä ei riippunut opettajan kokemusvuosista; itse asiassa opettajien pedagogisen sisältötiedon havaittiin laskeneen vuosien myötä mikä on ristiriidassa elinikäisen oppimisen periaatteen kanssa. (Schneider & Plasman, 2011)

Opettajan käyttötiedolla tarkoitetaan opettajan tietoa ja uskomuksia, jotka koskevat opetuksen käytäntöjä ja ovat peräisin suurelta osin opettajan omista opetuskokemuksista. Käyttötiedon on todettu koostuvan tiedosta, käsitteistä, uskomuksista ja arvoista, jotka ovat kehittyneet opetustilanteessa ja ohjaavat sitä. Opettajan käyttötieto sisältää kolme pääkomponenttia: 1) opettajan aikaisemmat kokemukset (koulutus, opetuskokemus ja elämäkokemus), 2) opettajan nykyinen opetustilanne (yhteisö, oppilaat, kollegat, opetussuunnitelma, resurssit, yms.) ja 3) opettajan visiot opetustilanteesta (Duffee & Aikenhead, 1992). Opettajat pyrkivät muuttamaan uuden opetustilanteen sellaiseksi, että se vastaa heidän uskomuksiaan, arvojaan ja visiotaan siitä, mitä opetuksen tulisi olla. Visiot ovat mentaalisia kuvia ideaalisesta oppimistilanteesta. Sen perusteella opettajat tekevät käytännön toimintaa ohjaavia ratkaisuja. Jos opettaja ei voi toimia mentaalisten kuvien mukaisesti, se herättää hänessä ristiriitaisia tunteita. (Duffee & Aikenhead, 1992)

Tutkimuksen (Van Driel, Beijaard & Verloop, 2001, 142) mukaan opettajan käyttötieto on 1) toimintasuuntautunutta (action-oriented) tietoa; 2) henkilökohtaista ja tilannesidonnaista tietoa; 3) mitä suurimmassa määrin hiljaista tietoa; 4) integroitunutta tietoa koostuen pääosin tieteellisestä eli formaalista tiedosta, arkipäivän tiedosta (kuten normit ja arvot) sekä kokemuksellisesta tiedosta (integroituneen tiedon pääkomponentti) ja

5) kietoutunut yhteen uskomuksien kanssa siten, että uskomukset toimivat suodattimena, joiden kautta tietoa tulkitaan.

### 3.1.3.2 Opettajien koulutuksen haasteet

Opetuksen ja oppimisen tutkimuksen tuottama tieto siirtyy hitaasti koulumaailman käytäntöihin. Opettajien opetusmetodeja on vaikea muuttaa. Opettajat opettavat niin kuin heitä itseään on opetettu. (Niemi, 1996; Vaherva, 1999, Spillane, 1999; De Jong, Veal & van Driel, 2002) Tämä tuo haasteen kemian opettajien koulutukseen. Opettajat myös haluavat saada koulutusta samalla tavalla, jolla he ovat tottuneet opiskelemaan: heille jaetaan tietoa ja heidän roolinsa on passiivinen vastaanottaja. Ajatellaan, että on olemassa yksi oikea ratkaisu ongelmaan ja sen kouluttaja-asiantuntija voi tarjota. Tämä ns. teknis-rationaalinen malli henkilöstökoulutuksessa on osoittautunut tehottomaksi. Sen ominaispiirteitä ovat ennalta laadittu opetussuunnitelma, erillinen luokkahuonetyyppinen koulutuspaikka, kouluttajan johdolla toimiminen, oma aikataulu ja irrallisuus työstä ajallisesti ja paikallisesti. (Vaherva, 1999) Tämän tyyppinen paradigma koulutuksessa viittaa opettajan puuttuviin tietoihin ja taitoihin, jotka koulutuksessa pyritään täydentämään ja korjaamaan (Clarke & Hollingsworth, 2002). Nykyisin halutaan luoda koulutustapahtumia, jotka tukevat työpaikalla, työn kautta eri tavoin tapahtuvaa oppimista. Koulutuksen avulla tavoitellaan elinikäistä ammatillista oppimista, jossa opettajat nähdään oppijoina ja koulut oppivina yhteisinä. (Vaherva, 1999)

Fraser et al. (2007) kritisoivat koulutuksen kentällä käytettävän terminologian epämääräisyyttä. He haluavat erottaa toisistaan käsitteet opettajan oppiminen ja opettajan kehittyminen sekä määrittelevät opettajan ammatillisen oppimisen prosessiksi, josta on seurauksena erityisiä muutoksia opettajan ammatillisissa tiedoissa, taidoissa, asenteissa, uskomuksissa tai toiminnassa. Ammatillinen kehittyminen puolestaan viittaa laajempiin muutoksiin, jotka voivat tapahtua pitemmällä aikajänteellä ja niiden seurauksena opettajan käsitykset ammatissa toimimisesta muuttuvat laadullisesti. Myöskään Hoban (2002) ei halua käyttää termiä kehittyminen kuvaamaan mekaanista ja lyhytaikaista koulutusta, jota tarjotaan erilaisten työpajojen avulla ja jotka yleensä vain vahvistavat olemassa olevia käytäntöjä muutoksen sijaan. Simon & Campbell (2012) määrittelevät opettajan oppimisen monimutkaiseksi yhdistelmäksi yksittäisen opettajan tiedon kasvua, ammatillista toimintaa tietyissä puitteissa ja kollaboratiivista työskentelyä muiden kanssa näissä puitteissa.

Pajares (1992) on todennut artikkelissaan, että kaikilla opettajilla on uskomuksia työstään, oppilaistaan, opetettavasta aineesta, omista rooleistaan ja velvollisuuksistaan. Hänen mukaansa kasvatukseen liittyvät uskomukset ovat osa opettajan laajempaa yleistä uskomussysteemiä. Perustuen Nisbettin ja Rossin (1980) teoriaan Pajares toteaa, että mitä aikaisemmin uskomukset on liitetty ihmisen uskomusjärjestelmään, sitä vaikeampi niitä on muuttaa. Koska uskomukset vaikuttavat havaintoihin ja uuden tiedon prosessointiin, viimeksi syntyneet uskomukset ovat helpommin syrjäytettävissä – se selittää Pajaresin mukaan sen, miksi alkuperäinen uskomus voi säilyä yksilöllä siitä huolimatta, että hänelle on esitelty myös tieteellinen selitys asiasta. Opettajiksi opiskelevien opetusharjoittelussa havaittiin, että koulutuksessa esiteltyt yleiset ja ainekohtaiset pedagogiset teoriat eivät välttämättä seuranneet mukana käytännön harjoitteluun vaan siellä toteutuivat opetusharjoittelijalle paljon ennen koulutuksen alkua muotoutuneet arkikäsitteet opettamisesta (Fischler, 1994).

Pajaresin (1992) mukaan tutkimuksessa on löydetty selkeä yhteys opettajan opetukseen liittyvien uskomusten ja opetuksen käytännön välillä. Uskomukset nähdään osana laajempaa uskomusjärjestelmää, jossa yksittäiset uskomukset ovat kytköksissä toisiinsa. Toisaalta on esitetty, että uskomukset esiintyisivät erillisinä klustereina, joiden välillä ei olisi vuorovaikutusta. Se selittäisi, kuinka samalla yksilöllä voi olla keskenään ristiriitaisia uskomuksia. Molempia näkemyksiä tukee hollantilainen tutkimus (Van Driel, Bulte & Verloop, 2007), jossa toisen asteen kemian opettajilla todettiin olevan kaksi itsenäistä ja erillistä uskomusjärjestelmää tai klusteria, joiden sisällä uskomukset olivat kytköksissä toisiinsa. Toisessa uskomusjärjestelmässä oppiainesuuntautunut lähestymistapa oli yhdistynyt uskomukseen, jonka mukaan kemian opetus tulee kohdistaa lähinnä teoreettisiin peruskäsitteisiin ja toisessa uskomusjärjestelmässä oppijakeskeinen lähestymistapa oli yhdistynyt uskomukseen, jonka mukaan kemian opetusta pitäisi toteuttaa suhteessa yhteiskunnallisiin aiheisiin.

Omaksumut (espoused) uskomukset ovat itse raporttoimiamme väitteitä siitä, kuinka asiat ovat tai kuinka niiden pitäisi olla. Emme kuitenkaan välttämättä toimi niiden mukaisesti. (Bryan, 2012) Bencze, Bowen & Alsop (2006) havaitsivat, kuinka opettajan uskomukset tieteestä, joko positivistiset tai konstruktivistiset, vastaavat heidän taipumuksiaan joko kontrolloida opiskelijoiden tiedonrakentelua tai edistää oppijakeskeistä avointa tutkimuksellista lähestymistapaa. Kun Wallace & Kang (2004) seurasivat kolmen lukion opettajan toimintaa, he havaitsivat, kuinka kahdella opettajalla heidän naiivit episteemiset uskomuksensa tulivat esille heidän opetuksessaan mutta kolmannen opettajan kehittyneet episteemiset uskomukset puolestaan eivät juuri näkyneet opetuksessa. Skamp & Mueller (2001) tutkivat opettajaksi opiskelevien uskomuksia ennen ja jälkeen opettajaopintojen ja havaitsivat, että opettajilla ollut alkuperäinen uskomus siitä, että oppilaat oppivat itse ”tekemällä” keksintöperustaisesti käsitellessään materiaaleja, ei juuri muuttunut kaksivuotisen koulutuksen aikana konstruktivismiin mukaiseksi. Suomessa fysiikan opettajille järjestetyn 1,5-vuotisen ammatillisen kehittymisen ohjelman tavoitteena oli ollut erityisesti laboratoriotyöskentelyn edistäminen ja kehittäminen yläkoulussa ja lukiossa. Vaikka tutkimuksessa havaittiin opettajien vastausten perusteella heidän uskomuksiensa muuttuneen vastaamaan ohjelman tavoitteita, vain 20 % heistä muutti laboratorio-opetustaan tavalla, johon koulutuksen avulla oli pyritty. (Lavonen et al., 2004) Roehrig ja Luft (2004) selvittivät laadullisessa tutkimuksessaan kymmenen aloittelevan toisen asteen kemian opettajan uskomuksia ja käytäntöjä haastatteleamalla ja seuraamalla heidän oppituntejaan yli vuoden ajan. Puolet opettajista käytti vuoden aikana tutkimuksellista lähestymistapaa opetuksessaan ja yhteistä näille opettajille oli se, että heillä oli kaikilla todettu olevan konstruktivistisia näkemyksiä opettamisesta. Niillä opettajilla, jotka eivät olleet toteuttaneet minkäänlaista tutkimuksellista toimintaa, ei konstruktivistisia uskomuksia ollut todettu.

Opettajan ajattelun tiedetään olevan avaintekijä muutokseen. Jos uusi toimintatapa on ristiriidassa opettajan omien uskomuksien ja asenteiden kanssa, mitään muutosta ei tapahdu tai opettaja muuttaa uutta toimintatapaa vastaamaan omaa ajatteluaan. (Woodbury & Gess-Newsome, 2002) Milloin opettajan oppiminen voi johtaa haluttuun muutokseen? Hoban (2002) esitti kahdeksan tekijää, joiden yhtäaikainen toteutuminen tekee muutoksen mahdolliseksi: Opettaja käsitteellistää opetuksen dynaamiseksi suhteeksi; hänellä on tilaa reflektoida ja tunne päämäärästä; on olemassa yhteisö, jonka kanssa opettaja voi jakaa kokemuksia; hänellä pitää olla myös tilaisuuksia testata käytännössä, mikä toimii ja mikä

ei; lisäksi hänelle tarjotaan käsitteellistä tietoa toiminnan tueksi; hän saa palautetta opiskelijoilta kokeiluista; ja hänellä on käytettävissä riittävästi aikaa.

Dillonin (2000) mielestä työntekijän ammatillinen kehittyminen on esimiesten vastuulla. Jos yksittäinen opettaja kehittää omaa osaamistaan mutta esimies ei tue opettajan toiminnan muuttumista ja sen seurauksia työyhteisössä, tulosten tiedetään jäävän vaatimattomiksi. Dillonin mukaan opettajan ammatillista kehittymistä on mahdollista edistää neljä keskeistä elementtiä sisältävän täydennyskoulutuksen avulla: 1) annetaan aikaa pohtia ja työstää koulutuksessa käsiteltäviä asioita (time), 2) voidaan osoittaa vakuuttavia näyttöjä uusien asioiden toimivuudesta ja tehokkuudesta käytännössä (evidence), 3) esimiehet ja kouluttajat kannustavat (encouragement) ja 4) antavat palautetta (feedback) opettajille. (Dillon, 2000)

Opettajan käyttötiedon muuttaminen kestäväällä tavalla on todettu hankalaksi, mutta pitkäaikaisilla ammatillisen kehittämisen ohjelmilla niihin on voitu vaikuttaa erityisesti, kun koulutuksessa on käytetty seuraavia strategioita: Kollegiaalinen oppimisverkosto; vertaistukeminen pienissä ryhmissä; kollaboratiivinen toimintatutkimus; tai erilaisten realististen tai autenttisten tapausten esitleminen opettajille. (Van Driel, Beijaard & Verloop, 2001) Suomessa luonnontieteiden opettajille suunnatussa tieto- ja viestintätekniikan käyttöä opetuksessa edistäneessä koulutuksessa havaittiin, että ammatillisen kehittämisen koulutus tulee rakentaa kolmesta näkökulmasta: opettajien voimaannuttamisesta uuteen käytäntöön, kommunikaatiosta koulutuksen aikana ja opetusmenetelmän integroinnista koulutuksen aikana siihen kontekstiin, jossa sitä käytetään koulussa (Lavonen et al., 2006). Opettajien aktiivinen osallistuminen pitkäkestoiseen tutkimusprojektiin tasavertaisina jäseninä voi parhaimmillaan johtaa innovaatioihin, joissa opettajat itse alkavat toimia niiden aloitteentekijöinä, suunnittelijoina ja toteuttajina. Se on seurausta opettajan osallistuvasta emansipatorisesta oppimisesta, joka johtaa opettamiseen ja oppimiseen liittyvien näkemysten, asenteiden ja pedagogisen sisältötiedon muuttumiseen. (Eilks & Markic, 2011)

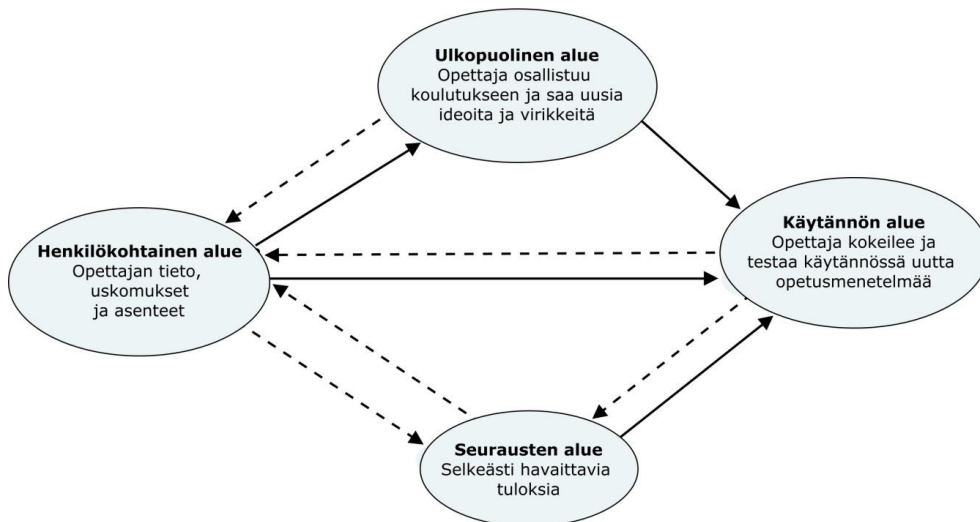
Nykyinen konstruktivistinen oppimisteoria edellyttää oppijan aktiivista osallistumista: Opettaja-oppijan pitää kyetä ylittämään oma aikaisempi koulutuksensa ja sen tuottamat käsitykset ja uskomukset opetukseen ja oppimiseen liittyen ja arvioida uudelleen oma toimintatapansa ja rutiininsa. Muuttuva käytäntö edellyttää vapautumista jostain aiemmista ajattelu- ja toimintatavoista, uuden arvopohjan etsimistä paremmalle käytännölle sekä kokeilemista ja uusien ideoiden muokkaamista toimivaksi käytännöksi. (Niemi, 1996)

Opetuksen kehittämistyöhön sopii tutkimusmenetelmäksi toimintatutkimus, joka etenee suunnittelun, toiminnan, arvioinnin ja toiminnan uudelleensuunnittelun kautta sykleissä. Opettajan työtä voi verrata toimintatutkimukseen, jossa toistuu kolme vaihetta: suunnittelu, suunnittelun toteuttaminen (= aineiston keruu) ja pohtimisen ja arvioinnin vaihe. (Carr & Kemmis, 1982) Toimintatutkimuksen tarkoitus ei ole niinkään tuottaa uutta tietoa kuin parantaa ja muuttaa opetuksen käytäntöjä (Feldman, 1996). Sen lisäksi opettaja voi kokea tulleen kokonaan uuteen vaiheeseen opetuksen kehittämistyössä, kun hän voi keskustella kokemuksistaan sekä opetuksen tutkijoiden että muiden opettajakollegoiden kanssa. Oppiessaan raportoimaan kehittämistutkimusta toimintatutkimuksen keinoin, opettajat oppivat samalla tavan jakaa ajatuksiaan ja kokemuksiaan muiden opettajien kanssa. (Mamlok-Naaman et al., 2005)

Spillanen (1999) tutkimuksessa täydennyskoulutukseen osallistuneista 25 matematiikan opettajasta neljä muutti toimintaansa koulutuksen myötä. Kun hän tutki, miksi kyseiset opettajat muuttivat käytäntöjään, hän löysi kolme yhteistä tekijää. Ensiksi, opettajilla oli

yhteisöllinen opettajakulttuuri koulussaan: He keskustelivat opetukseen liittyvistä asioista keskenään ja seurasivat toistensa oppitunteja. He saivat myös joko paikallisten tai ulkopuolisten asiantuntijoiden tukea uudistuksen toteuttamiseen. Toiseksi Spillane huomasi, että opettajien henkilökohtaisilla resursseilla oppia on suuri merkitys: Jotta uudistus toteutuisi, opettajilta edellytetään ideoiden pohdintaa ja vaivannäköä niiden toteuttamiseen käytännössä. Toiset opettajat huomasivat helposti tilaisuuksia oppia tai muutokseen johtavia virikkeitä ympäristöstään, toiset opettajat eivät keksineet niitä juuri lainkaan. Fullan (2007) siteeraa Hubermania (1988), jonka mukaan psykologisilla tekijöillä on tärkeä merkitys: toiset opettajat suhtautuvat myönteisesti muutokseen ja asenteidensa ja aikaisempien kokemusiensa tukemana osallistuvat aktiivisesti uusiin käytäntöihin. Tämä on seurausta heidän koulussaan vallitsevasta ilmapiiristä, joka puolestaan vaikuttaa siihen, suhtautuvatko opettajat myönteisesti vai kielteisesti uusiin asioihin. (Fullan, 2007) Kolmanneksi Spillane havaitsi, että muutokseen kykenevillä opettajilla oli käytössään materiaalisia resursseja ja työkaluja, jotka tukivat uudistuksen toteutusta ja auttoivat ajattelussa.

Opettajan ammatillisen oppimisen tiedetään muodostuvan henkilökohtaisista, sosiaalisista ja ammatillisista tekijöistä, jotka liittyvät toisiinsa (Bell & Gilbert, 1996; Clarke & Hollingsworth, 2002). Guskeyn (1986) lineaarisessa syy-seuraus mallissa opettajan uskomukset ja asenteet muuttuvat koulutuksen tavoitteiden mukaisiksi vasta sen seurauksena, kun hän näkee muutoksia oppilaiden oppimistuloksissa. Clarke & Hollingsworth (2002) kehittivät Guskeyn mallia edelleen sykliseksi (Kuva 6), jolloin muutos tapahtuu opettajan kokemusmaailmassa neljän erillisen alueen kesken reflektion ja toimeenpanon prosessien välittämänä. IMPG (The interconnected model of professional growth) –mallissa henkilökohtainen alue muodostuu opettajan tiedosta, uskomuksista ja asenteista, ulkopuolinen alue ulkoa (esimerkiksi koulutuksesta) tulevista tiedoista ja virikkeistä, käytännön alue muodostuu ammatillisista käytännöistä ja kokeiluista sekä seurausten alue merkityksellisistä tuloksista, joita opettaja saa opetuskokeiluiden kautta. Opettaja voi toteuttaa ja reflektoida uutta opetusmenetelmää monta kertaa ennen kuin hän siirtyy refleктоimaan saamiensa tuloksia. Tämän mallin mukaisesti koulutuksen avulla ei päästä suoraan vaikuttamaan opettajan uskomuksiin ja asenteisiin, vaan se tapahtuu koulutuksessa saatujen ideoiden ja mallien käyttöönottamisen kautta niin, että opettaja kokeilee uutta ideaa monta kertaa välillä reflektoiden toteutusta tai tuloksia. Merkityksellisistä uskomusten muuttumisessa on opettajan omilla tulkinnoilla, sillä sama tilanne luokassa voi avautua eri tavalla eri opettajille. Esimerkiksi tilanne, jonka opettaja tulkitsee opiskelijoiden välisen vuorovaikutuksen lisääntymisenä voi toisen opettajan mielestä olla pelkästään melun lisääntymistä luokassa. (Clarke & Hollingsworth, 2002)



**Kuva 6** Ammatillisen kasvun malli (IMPG) Clarken ja Hollingsworthin (2002) mukaan. Toimeenpano —▶ ; Reflektio -----▶

On myös näyttöä siitä, että muutoksen edellytyksenä on opettajan kokemaa tyytymättömyyttä sen hetkiseen ymmärrykseensä asioiden tilasta; muussa tapauksessa hän ei ole motivoitunut tekemään muutoksen vaatimaa kovaa työtä. (Posner et al., 1982; Feldman, 2000; Gess-Newsome et al., 2003) Fullanin (2007) mukaan opetuksen kehitystyössä muutoksen edellytyksenä on kolme aspektia tai dimensiota, joiden suuntaan toiminnan tulee kehittyä samanaikaisesti, jotta sillä olisi merkitystä. Dimensioita ovat 1) uudet tai korjatut opetusmateriaalit, 2) uusi lähestymistapa opetuksessa ja 3) opettajan uskomusten muuttuminen. Kuka tahansa opettaja voi tehdä muutoksia yhdessä dimensiossa, esimerkiksi kokeilla uutta lähestymistapaa opetuksessa, mutta jos muut dimensiot pysyvät ennallaan, pysyvää muutosta ei tapahdu.

Vaikka esimerkiksi matemaattisten aineiden opettajat ovat ulospäin hyvin homogeeninen ammattiryhmä, johtuen opettajien autonomiasta, heidän toimintatavoissaan voi olla suuria eroja jopa samassa koulussa. Siksi ammatillisen kehittämisen koulutuksen järjestämistä kaikille osallistujille samanlaisena ei pidetä aina toimivimpana vaihtoehtona (Schneider & Plasman, 2011). Vastakohtana kaikille samanlaisesta opetuksesta tai koulutuksesta on alettu puhua henkilökohtaisesta (personalized) oppimisesta (PL) erotuksena eriyttämisestä ja yksilöllisestä (individualized) oppimisestä. Henkilökohtaisessa oppimisessä opetuksen tahti riippuu oppimisen tarpeista, se räätälöidään oppijan mieltymysten ja mielenkiinnon kohteiden mukaisesti. Koulumaailmassa toteutettuna opettajasta tulee kumppani, jonka kanssa oppijat rakentavat oppimisympäristöjä ja suunnittelevat oppitunteja. Aluksi toiminta on opettajajohtoisempaa, kunnes oppija ymmärtää oman oppimisensa laadun siinä määrin, että hän voi ottaa vastuun omasta oppimisestaan itseohjautuvana toimijana. Henkilökohtaisen oppimisen malli on oppijajohtoinen koulutusmalli, joka haastaa perinteisen koulutusinstituutioiden roolit. Eriyttämisessä ja yksilöllisessä oppimisessä opettajajohtoisuus säilyy, vaikka opettaja etsiikin ryhmille tai yksilöille erilaisia ratkaisuja ottaen huomioon heidän

ominaispiirteensä, kykynsä ja mieltymyksiään toimia. (Song, Wong & Looi, 2012; Bray & McClaskey, 2013)

Teknologiaalla on myös erilainen rooli näissä kolmessa oppimisen tyypissä: henkilökohtaisessa oppimisessa oppijoilla on pääsy erilaisiin teknologioihin, joita he voivat halutessaan käyttää itse valitsemallaan tavalla, kun taas eriyttämisessä opettaja valitsee käytettävän teknologian ja kuinka sitä sovelletaan, ja yksilöllisessä oppimisessä opettaja valitsee käytettävää teknologiaa kunkin oppijan henkilökohtaisen opetussuunnitelman tavoitteiden mukaisesti. Henkilökohtaisessa oppimisessä teknologia ei ole keskiössä vaan oppijan motivaatio, sitoutuminen ja oma ääni. Ajatellaan, että kun oppija voi omalla äänellään vaikuttaa opetuksen suunnitteluvaiheessa ja hän voi itse valita, kuinka opiskella, se motivoi häntä oppimaan. (Bray & McClaskey, 2013)

### **3.1.3.3 Opettajien ammatillisen osaamisen kehittäminen**

Opettajan koulutukseen kuuluu peruskoulutuksen lisäksi perustutkinnon jälkeinen koulutus. Ammatillisen kehittämisen koulutus jakaantuu useisiin eri toteutus- ja rahoitustapoihin. Ne ovat virkaehtosopimukseen perustuva koulutus, valtion rahoittama koulutuspoliittisia painoalueita käsittelevä koulutus, omaehtoinen koulutus ja EU-rahoitteinen koulutus. Vastuu koulutuksesta on opettajilla itsellään ja opettajan työnantajilla. (OM, 2006)

Koulutus voi olla kompetenssia täydentävää tai yleissivistävää koulutusta. Se voi olla yksilön itselleen hankkimaa tai työnantajan tukemaa, hankkimaa tai järjestämää henkilöstökoulutusta. Akateeminen täydennyskoulutus on kompetenssia täydentävää ja perustuu tutkimukseen. Kun yliopistoissa otettiin käyttöön kaksiportainen tutkintojärjestelmä 1.8.2005, kasvatusalan yliopistolliset opetussuunnitelmat uudistettiin. Lähtökohtana uusien tutkintojen kehittämisessä oli, että kaikki kasvatusalan tutkinnon suorittaneet omaksuvat elinikäisen oppimisen ihanteen. (Vokke, 2005) Opettajankoulutuksen ja siihen liittyvän opetusharjoittelun tehtävänä on auttaa opettajia ottamaan vastuuta omasta ammatillisesta kehitymisestään ja antaa valmiuksia, joiden avulla he kykenevät kehittämään ja muuntumaan työssään. Keskeisintä ammatillisen kehittymisen kannalta on opettajan reflektiivinen ammattikäytäntö. (Kiviniemi, 2000) Yliopistojen vastuulla on, että perustutkinnon jälkeen on tarjolla sellaista koulutusta, joka muodostaa jatkumon perustutkinnolle. Erityisesti aineenopettajat tarvitsevat täydennyskoulutusta, joka lisää heidän pätevyyttään paitsi opetettavien aineiden myös pedagogiikan osalta. Uusien opettajien perehdyttämiskoulutus on työnantajan vastuulla olevaa koulutusta. (Vokke, 2005)

Jyväskylän yliopiston tutkimuslaitos teki opetusministeriön toimeksiantona vuonna 2005 oppilaitosjohtolle ja opetushenkilöstölle suunnatun täydennyskoulutuskyselyn. Sen mukaan opettajat ja rehtorit haluavat lyhytkestoista 1-5 päivän täydennyskoulutusta ja kyselyyn vastanneista yli 30 % koki puolen päivän tietoisuutta käyttökelpoisena koulutuksena. Alle 15 % opettajista piti verkko-opetusta sopivana koulutusmuotona heille. Loppuraportissa todettiin, että suositus täydennyskoulutuksen painopisteen siirtämisestä yksittäisistä koulutuspäivistä ja kursseista työyhteisöpainotteiseen koulutukseen ei toteutunut tarkastelujaksolla 2001 – 2005. (OM, 2006)

ESR-hanke *Pedagoginen asiantuntijuus liikkeessä* (PAL) toteutettiin vuosina 2010 – 2013 yhteistyössä Opetushallituksen ja JAMK:n Ammatillisen opettajakorkeakoulun kanssa. Siinä selvitettiin laajassa kyselyssä paitsi opetusalan työvoiman liikkuvuutta

ammatin sisällä ja ammatista pois myös ammattiin liittyviä jatkuvasti muuttuvia osaamistarpeita. Euroopassa ja Amerikassa opettajien siirtyminen pois ammatista muutaman vuoden työssäolon jälkeen on suuri ongelma, mutta Suomessa opettajat ovat sitoutuneita ammattiinsa: Yleissivistävän koulutuksen opettajista yli 88 % on pysynyt urallaan samassa työssä. Opettajien työssä pysymiseen vaikuttavat työyhteisön henkilösuhteet ja ilmapiiri, opettajan työn muuttuminen ja mahdollisuus itsensä kehittämiseen, haasteelliset työtilanteet sekä palkkaus ja arvostus. Oppilaitosjohdon ja kollegoiden tuki koetaan tärkeäksi. Opettajat kertovat haluavansa sellaista täydennyskoulutusta, jossa tarjotaan hyödyllisiä käytännön esimerkkejä opetustyöhön ja kehitetään opettajan pedagogisia taitoja. Oppilaiden ja vanhempien kohtaamiseen ja ryhmien hallintaan he ilmoittavat tarvitsevansa vuorovaikutustaitojen hallintaa. Lisäksi opettajat kokevat tarvitsevansa ala- ja oppiainekohtaista koulutusta tieto- ja viestintätekniikassa. Yleisenä periaatteena pidetään, että koulutuksen tulee lähteä opettajan omista tarpeista ja käsitellä ajankohtaisia teemoja. (Jokinen et al., 2013)

Tällä hetkellä osaamista tarvitaan erityisesti taidoissa, jotka liittyvät oppiaineen hallintaan, yleisiin pedagogisiin valmiuksiin ja luovaan ajatteluun. Pedagogiikkaan liittyen opettajat pohtivat pedagogisen ajattelun muutosta, tulevaisuuden pedagogista ajattelua ja periaatteita, sekä opettajan roolia, jonka he kokevat olevan muuttumassa ohjaajaksi ja valmentajaksi. Tähän liittyy erilaisia näkökulmia, uusia oppimisympäristöjä, perinteisten rajojen ylittämistä ja ryhmien ja verkostojen merkityksen lisääntymistä oppimisessa. Opettajat pohtivat myös tiedonkäsityksen ja oppimiskäsityksen muutosta verrattuna aikaisempaan. (Jokinen et al., 2013)

Vastavalmistuneen opettajan siirtyminen kouluun, ns. induktiovaihe, vaatisi perehdytyksen uuteen työhön ja työyhteisöön. Euroopan komission (Rocard et al., 2007) suosituksen mukaan kaikilla opettajilla tulisi olla mahdollisuus ottaa osaa tehokkaaseen perehdytysohjelmaan kolmen ensimmäisen työvuoden aikana ja saada läpi uran kestävää järjestelmällistä tukea kokeneilta opettajilta tai muilta ammattilaisilta. Suomessa ei ole säädöksiin perustuvaa perehdyttämistä vastavalmistuneille opettajille, joten koulutuksen järjestäjät ja yksittäiset koulut perehdyttävät uudet opettajat haluamallaan tavalla. Tärkeimpinä induktiovaiheen perehdytyksen sisältöinä pidettiin oppilaitokseen, sen henkilökuntaan ja toimintakulttuuriin tutustumista. Toiseksi tärkeimpänä pidettiin vuorovaikutus- ja pedagogisia taitoja. Yli puolet (57 %) yleissivistävän koulutuksen opettajista ei ole saanut lainkaan tai ei ole voinut hyödyntää uusille opettajille suunnattua pitkäkestoista perehdyttämistä tai tukea ja vielä useammalla (63 %) ei ole ollut mahdollisuutta edes lyhyeen muutaman tunnin perehdytykseen. (Jokinen, Taajamo & Välijärvi, 2014)

Yleissivistävän koulutuksen opettajat korostavat koulutuksen merkitystä opettajien osaamisen kehittämisessä. Edelleen koetaan tärkeäksi, että se perustuisi opettajien mielenkiintoon ja olisi vapaaehtoista. Osa opettajista oli sitä mieltä, että opettajilla on velvollisuus osallistua ammatillisen kehittämisen koulutukseen, joidenkin mielestä tarvitaan lisäksi jatkokoulutusta ja lisäpäätevytymistä. Jotta opettajat osallistuisivat täydennyskoulutukseen, se tulisi järjestää paikallisesti työaikana, jolloin opetuksen hoitaa sijainen, sen sisältöjen tulisi olla ajankohtaisia, käytännöllisiä ja opettajan arkea helpottavia. Lisäksi sen tulisi olla pitkäkestoista ja tarjota mahdollisuus lisäpätevytyteen. Aineenopettajille koulutusta tulisi tarjota omaan oppiaineeseen ja sen järjestäminen pitäisi toteuttaa saman oppiaineen opettajien verkostona. Tulevaisuudessa täydennyskoulutuksen nähtiin tapahtuvan etä-, verkko- ja monimuoto-opiskeluna sekä sosiaalisen median



hyödyntämisenä. (Jokinen, Taajamo & Välijärvi, 2014) Esimerkiksi LUMA-keskuksessa on sekä kokonaan että osittain virtuaalista koulutusta (Vihma & Aksela, 2014).

TALIS 13 (Teaching and Learning International Survey) on Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön OECD:n toimesta toteutettu kansainvälinen opetuksen ja oppimisen tutkimus, joka arvioi myös kohtaavatko opettajien ammatilliset kehittymisen tarpeet ja niitä vastaava täydennyskoulutuksen tarjonta. Yleisesti TALIS -maiden opettajat ovat tyytyväisiä saamaansa opettajankoulutuksen, mutta suomalaiset opettajat arvioivat koulutuksensa tuottamat valmiudet muita maita heikommiksi yhdessä Japanin ja Meksikon kanssa. Täydennyskoulutuksen antama tuki opettajan työlle on Suomessa suhteellisen vähäinen ja täydennyskoulutuksen merkitys korostuu, jos opettajan peruskoulutuksesta on pitempi aika. TALIS -maissa on yleistä (69 %), että rehtori varmistaa konkreettisesti opettajien opetustaitojen kehittämisen, mutta Suomessa se on harvinaisempaa (40 %). TALIS -maissa keskimäärin 49 % rehtoreista seuraa opettajan pitämiä oppitunteja, kun taas Suomessa vain 11 %. Lisäksi TALIS -maissa 79 % rehtoreista laatii koululle ammatillisen osaamisen kehittämissuunnitelman, kun Suomessa näin tekee 40 %. Suomessa vain 14,5 prosentille opettajista on laadittuna henkilökohtainen koulutus- ja kehittämissuunnitelma. (Taajamo, Puhakka ja Välijärvi, 2014)

Mentorointi on koulussa järjestettyä tukitoimintaa, jossa kokeneemmat opettajat tai ulkopuoliset asiantuntijat tukevat uusia opettajia. TALIS -maissa 74 %:ssa kouluista on mentorointia, mutta Suomessa vain 35 %:ssa kouluista. 60 % suomalaisista opettajista osallistuu keskimäärin kolme päivää vuodessa kursseille ja työpajoihin, kun TALIS -maissa 71 % opettajista osallistuu niihin keskimäärin 8 päivää vuodessa. Suomi poikkeaa eniten muista maista henkilökohtaisen tai yhteistyössä kollegojen kanssa tehtävän ammatillisesti kiinnostavan tutkimuksen tekemisessä: Vain 8 % suomalaisista opettajista tekee tällaista tutkimusta, kun TALIS -maiden keskiarvo on 31 %. (Taajamo, Puhakka ja Välijärvi, 2014)

### **3.2 EMPIIRINEN ONGELMA-ANALYYSI**

Empiirinen ongelma-analyysi koostuu kolmesta erillisestä tutkimuksesta, joissa etsittiin vastauksia mm. seuraaviin kysymyksiin kemian kokeellisuuden nykytilanteesta ja tarpeista: 1) Kuinka tutkimuksellinen kokeellisuus sopii lukioon, 2) millaisia kokeellisia töitä opettajilla on käytössään oppikirjoissa ja 3) millaisia töitä he teettävät opiskelijoilla kemian kursseilla?

#### **3.2.1 Osatutkimus 1: Tutkimuksellinen kokeellisuus lukion kemian opetuksessa**

Lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan kemian opetuksen tavoitteena on, että oppija mm. osaa kokeellisen työskentelyn avulla etsiä ja käsitellä tietoa elämän ja ympäristön kannalta tärkeistä kemiallisista ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista, sekä osaa tehdä ilmiötä koskevia kokeita ja oppii suunnittelemaan niitä (LOPS, 2003). IB -lukioissa tutkimuksellinen kokeellisuus on osa kemian opetusta (Näsäkkälä, Flinkman & Aksela, 2001), mutta kokeellisuus tavallisessa lukiossa tarkoittaa kuitenkin yleensä opettajan antamien suljettujen tehtävien suorittamista (Aksela & Karjalainen, 2008; Aksela & Juvonen, 1999). Tutkimuksellista kokeellisuutta tekemällä voi ymmärtää, että

luonnontieteellinen tieto on suhteellista ja muuttuvaa, ja tutkimusprosessissa keskeistä on sosiaalinen vuorovaikutus, logiikka ja luovuus (Näsäkkälä, Flinkman & Aksela, 2001).

Ensimmäisessä osatutkimuksessa raportoidaan tapaustutkimus, joka on osa laajempaa toimintatutkimusta (Carr & Kemmis, 1982), jossa on hankittu kokemuksia tutkimuksellisesta kokeellisesta opetuksesta ja sen toimivuudesta lukiossa. Siinä tutkimuksellinen kokeellinen oppiminen määritellään sellaiseksi vuorovaikutteiseksi pohdinnaksi, jossa aktiivinen oppija kokeellisesti tutkii luonnonilmiöitä pienissä ryhmissä reflektoiden ja käyttää niitä tietoja ja taitoja, joita hänellä jo on. (Tomperi & Aksela, 2008)

Opettaja-tutkija kehittää toimintatutkimuksen avulla ratkaisuja omassa opetustyössään kohtaamiinsa ongelmiin ja parantaessaan käytäntöä kehittyy samalla oman tilanteensa parhaaksi asiantuntijaksi (Mills, 2007). Avain muutokseen on reflektiivinen ajattelu, jossa opettaja-tutkija pyrkii näkemään oman toimintansa ja ajattelunsa uudesta näkökulmasta. Kuitenkin, vaikka tavoitteena on parantaa omaa opetusta, tarkastelua pitäisi laajentaa oman itsen tarkastelusta laajemmalle työyhteisön ja yhteiskunnan sosiaaliseen rakenteeseen, sillä oma toimintamme pitää yllä näitä rakenteita. (Moilanen 1999)

### **Tutkimuskysymykset:**

- 1) Miten tutkimuksellisella kokeellisuudella on vaikutusta oppilaiden kokeelliseen työskentelyyn?
- 2) Miten oppilaat kokivat tutkimuksellisen kokeellisuuden?

#### **3.2.1.1 Toimintatutkimuksen tutkimusmenetelmä**

Tässä toimintatutkimuksessa väitöskirjan tutkija toimi sekä tutkijana että kemian opettajana lukiossa. Kun tutkimuskohteena on selvä vuorovaikutuskäyttäytyminen, havainnointiin perustuvaa aineistonkeruumenetelmää pidetään tarkoituksenmukaisimpana (Tuomi & Sarajärvi, 2009). Suunnitteluvaiheen jälkeen kerättiin aineistoa havainnoimalla valittuja kokeellisia opetustilanteita. Aineistoa kerättiin kolmessa eri opetustilanteessa, joissa tutkimustavoitteisiin liittyviä seikkoja merkittiin koko ajan muistiin ja tehtiin yksityiskohtaisemmat muistiinpanot mahdollisimman nopeasti opetustilanteen jälkeen.

Tutkimuksessa etsittiin ratkaisua ongelmaan, joka oli oppilaiden levottomuus kokeellisen työskentelyn aikana. Juttelu parin tai pienryhmän jäsenen kanssa saattoi olla niin vilkasta, että opettajan piti jatkuvasti kehottaa opiskelijoita lukemaan työohjetta ja keskittymään annettuun tehtävään. Tutkimuksellisen kokeellisuuden tiedetään lisäävän yhteisöllisyyttä luokkahuonetyöskentelyyn (esim. Wolf & Fraser, 2008), joten tutkimuksellisen kokeellisen työskentelyn avulla pyrittiin vaikuttamaan siihen, että koko ryhmä aktivoituisi työskentelemään yhdessä ja vilkkaan keskustelun kohteena olisi itse tutkimusongelma, jota ollaan työstämässä kollaboratiivisesti. Tutkimuksessa verrattiin perinteistä kemian laboratoriotuntia, jossa käytetään oppikirjojen kokeellisia työohjeita sellaisenaan, laboratoriotuntiin, jossa oppilaat tekevät vastaavaa tehtävää tutkimuksellisesti.

Havainnointi kohdistettiin yleiseen ilmapiiriin kokeellisen oppitunnin aikana, oppilaiden ryhmätyöskentelyyn ja keskustelun aiheisiin. Oppilaiden pienryhmissä käymänsä keskustelut paljastavat, mihin asioihin he kiinnostavat huomionsa ja mitä he pohtivat laboratoriotyöskentelyn aikana. Tapper on tutkimuksessaan jaotellut oppilaiden laboratoriossa käymän keskustelun 11 eri kategoriaan (Tapper, 1999). Näitä ovat: 1) annetun tehtävän jaottelu osiin (*sequencing*), 2) tehtävän suorituksen edellytykset

(*procedure*), 3) tarvittavat välineet (*equipment*), 4) tehtävien suorittaminen (*accomplishing tasks*), 5) tunnistaminen (*identifying, labelling items*), 6) tulosten kommentoiminen (*identifying, commenting on results*), 7) käsitteet, terminologia (*concepts*), 8) laboratoriossa työskentely (*labbusiness*), 9) laboratorio etiketti eli säännöt materiaalien käytöstä, turvallisuudesta ja puhtaudesta (*lab etiquette*), 10) tieteellinen aihe, joka ei liity työn alla olevaan tehtävään (*science topics*) ja 11) sosiaalinen aihe (*social topics*).

### 3.2.1.2 Toteutus

Tutkimus toteutettiin lukion kemian sekä koulukohtaisella syventävällä KE7 Työkurssi että syventävällä KE2 Kemian mikromaailma -kurseilla. Tutkimuksessa havainnoitiin opiskelijoiden työskentelyä kahden eri työn parissa. Tutkimukseen osallistuvien opiskelijoiden määrä oli yhteensä 30. Työkurssilla oli kahdeksan opiskelijaa, jotka jakautuivat itse kahteen ryhmään: ensimmäisen ryhmän jäsenet olivat ensimmäisen vuosikurssin opiskelijoita ja toisen ryhmän jäsenet toisen vuosikurssin opiskelijoita. Työkurssille osallistumisen edellytyksenä oli kemian pakollisen kurssin KE1 Ihmisen ja elinympäristön kemia suorittaminen hyväksytysti. Ensimmäisen vuoden opiskelijoiden ryhmässä KE1 oli suoritettu hyvillä tai kiitettävillä arvosanoilla. Toisen vuoden opiskelijoiden ryhmässä oli lisäksi suoritettu 1-3 syventävää kurssia kemiasta keskimäärin tyydyttävällä arvosanalla. KE2 kurssit pidettiin kahdessa peräkkäisessä jaksossa, joissa toisella KE2 kurssilla oli 10 opiskelijaa (vertailuryhmä, perinteinen toteutus), joiden KE1 kurssin arvosanojen keskiarvo oli 7,7 ja toisella KE2 kurssilla oli 12 opiskelijaa, joiden KE1 kurssin keskiarvo oli 7,8.

Ensimmäisessä tehtävässä työkurssilla opiskelijoiden piti tarkistaa kaupallisen kivennäisveden kloridipitoisuus. Työkurssilaisille paljastettiin, että kyseessä on ns. Mohrin titraus, josta heidän piti itse etsiä tietoa. Indikaattoriliuos annettiin valmiina. Toisessa työssä KE2 Kemian mikromaailma -kurssilla tehtävänä oli määrittää kuparisulfaatin kideveden määrä, kun oppikirjan työohjeesta oli poistettu yksityiskohtaiset suoritusohjeet. Molemmissa tapauksissa opiskelijoiden ensimmäisenä tehtävänä oli laatia pienissä, 3-4 hengen, ryhmissä tutkimussuunnitelma annetun tehtävän ratkaisemiseksi, esittää se sitten opettajalle ja hyväksymisen jälkeen suorittaa itse työ. Työkurssin suoritusta verrattiin samalla kurssilla aiemmin tehtyyn happo-emästitrauksen suoritukseen perinteisestä työohjeesta ja kemian mikromaailma -kurssilla tehtyä kideveden määrän määrittystä verrattiin rinnakkaiskurssilla tehtyyn samaan määrittämiseen alkuperäisestä oppikirjan työohjeesta (Kaila et al., 2006, 141), jossa työn suoritusohjeet olivat mukana. Opettaja-tutkija havainnoi ryhmien työskentelyä opettamisen ohella antaen ryhmien toimia mahdollisimman itsenäisesti ja puuttui toimintaan vasta, kun häntä pyydettiin apuun. Hän oli siis osallistuva tarkkailija ja teki muistiinpanoja lyhyesti oppitunnin edetessä ja oppitunnin jälkeen ensimmäisessä sopivassa tilaisuudessa kokosi yhteenvedon tunnin tapahtumista (Mills, 2007). Havainnoinnin kohteena oli kolme asiaa: yleinen ilmapiiri oppitunnin aikana, opiskelijoiden ryhmätyöskentely ja keskustelun aiheet Tapperin jaottelun mukaan. Kurssin lopussa opiskelijoilta kerättiin nimettömänä palautetta koko kurssista opettajan tuolloin tavanomaisesti käyttämällä palautelomakkeella (Liite 1).

Aineiston analyysissä erotettiin muistiinpanoista havainnoinnin kohteena olleet asiat ja luokiteltiin ne kolmeen ryhmään: ilmapiiri, työskentely ja keskustelunaiheet sekä kirjoitettiin niistä yhteenvedo.

Kyselyn vastauksista tulkittiin oppilaan asenne kokeellista työskentelyä kohtaan koulutuksen jälkeen joko myönteiseksi, neutraaliksi tai kielteiseksi. Tulokset on koottu taulukkoon 9:

**Taulukko 9** *Opiskelijoiden asenne kokeellista työskentelyä kohtaan kurssin jälkeen*

Asenne	Työkurssi KE7	KE2 (perinteinen)	KE2 (tutkimuksellinen)
Positiivinen	8	-	6
Neutraali	-	8	2
Negatiivinen	-	2	1

### 3.2.1.3 Tulokset

Opiskelijoiden keskustelun aiheet jakautuivat neljään eri pääryhmään (vrt. Tapper): 1) käsitteet ja terminologia, 2) työn suoritus ja laboratorioetiketti, 3) tunnistaminen ja tulosten kommentointi sekä 4) sosiaalinen keskustelu jostain muusta aiheesta. Suurin osa keskustelun aiheista oppitunnilla kuuluivat pääryhmiin 1-3.

Tutkimuksellinen oppimisympäristö vaikutti ilmapiiriin ja opiskelijoiden aktiivisuuteen selvästi. Kun työohje muutettiin sellaiseksi, että oppijat joutuivat ensin suunnittelemaan, miten ratkaisevat annetun tehtävän, ilmapiiri muuttui kokonaan, kun oppilaat innostuivat. Heidän tottumattomuutensa tutkimussuunnitelmien laatimiseen näkyi siinä, että ryhmissä tehdyt tutkimussuunnitelmat käsittivät pari lausetta ranskalaisin viivoin ja he itse asiassa halusivat esitellä suunnitelmansa mieluummin suullisesti kuin paperilla, mikä hyväksyttiin. Tutkimussuunnitelmasta käydyn keskustelun jälkeen työkurssilla molemmat ryhmät hioivat edelleen suunnitelmaansa ja sitten toteuttivat ne saaden hyväksyttävät tulokset (116 mg/l ja 124 mg/l, kun pullon tuoteselosteessa ilmoitettiin määräksi 126 mg/l).

Laitteiston kokoaminen onnistui helposti, koska työkurssilla oli jo ehditty tehdä happo-emästitraus edellisellä työvuorolla. Keskustelu työskentelyn aikana oli asiallista ja liittyi käsillä olevaan tehtävään: Ryhmät neuvottelivat pitkään siitä, paljonko näytettä tarvitaan, mikä on ekvivalenttikohda ja montako määritystä tarvitaan. Opettajaa tarvittiin avuksi, kun laskettiin kloridin määrä näytteessä.

KE2 kurssilla työn suunnittelu oli helppoa sen jälkeen, kun oli oivallettu, että kidevesi irtoaa kuumentamalla näytettä, mutta pohdintaa tarvittiin yksityiskohdista kuten siitä, kuinka paljon näytettä tarvitaan, mistä tietää, milloin on kuumennettu tarpeeksi ja missä vaiheessa punnitaan näytteet. Myös KE2 ryhmä tarvitsi apua tuloksen laskemisessa. Kun oppilaat saivat enemmän vastuuta työn suorituksesta, keskustelu oli vilkasta pääryhmien 1)-3) aiheista ja työhön keskityttiin aikaisempaa paremmin. Ryhmien yhteistoiminta oli tiivistä, kun oppilaat miettivät ja arvioivat eri työvaiheita yhdessä.

Kurssipalautteen mukaan tutkimuksellinen lähestymistapa lisäsi myönteistä asennetta kokeellista työskentelyä kohtaan. Työkurssilla kaikki opiskelijat suhtautuivat positiivisesti kokeelliseen työskentelyyn. KE2 vertailuryhmän kaikki kymmenen opiskelijaa antoivat palautetta kurssista ja kahdessa niistä löytyi kielteinen asenne kokeellisuutta kohtaan. Toinen heistä myös perusteli negatiivisen kantansa, josta näkyi, että hänen mielestään kokeellinen työskentely vie liikaa aikaa: *”Ei kokeita, koska silloin ehtisi käsitellä niitä kurssin asioita riittävästi.”* Loput kahdeksan palautetta olivat sellaisia, joissa kokeellisuutta ei mainittu lainkaan, joten ne voidaan luokitella neutraaliksi asenteeksi kokeellisuutta kohtaan.

KE2 ryhmässä, jossa kokeiltiin tutkimuksellista lähestymistapaa, yhdeksän opiskelijaa kahdestatoista antoi palautetta kurssista. Heistä kuudella oli positiivista sanottavaa kokeellisuuteen liittyen: *”hauskaa ja opettavaista”*, *”muistaa asiat paremmin vaikka värikkäiden liekkien avulla”*, *”auttoi, kun näki”* ja *”Työselostuksessa piti tutustua eri aineisiin ja niiden reaktioihin. Se auttoi ymmärtämään.”* Kahdessa palautteessa ei otettu kantaa kokeelliseen työskentelyyn ja yksi opiskelija antoi kielteisen palautteen viitaten jälleen siihen, että kokeellinen työskentely jättää vähemmän aikaa teorian käsittelylle opettajajohtoisesti: *”enemmän teoriaa, jotta oppisi asioita, laboratoriotyöt vievät vain aikaa”*.

### 3.2.1.4 Yhteenveto

Tässä pienimuotoisessa toimintatutkimuksessa kokeellisen työohjeen muutos avoimemmaksi näkyi opiskelijoiden toiminnan aktivoitumisena, joka oli seurausta heidän ajattelunsa aktivoitumisesta ja syvenemisestä, kun he joutuivat ottamaan vastuun omasta toiminnastaan tutkimuksellisessa oppimisympäristössä. Uusi työtapamuutti ilmapiiriin selvästi myönteiseksi ja aktiiviseksi verrattuna aikaisempaan. Opiskelijoiden keskustelunaiheet liittyivät lähes kokonaan tehtävään, jota he olivat ratkaisemassa. Tutkimuksellista kokeellisuutta ei koettu liian vaativaksi. Opiskelijat tarvitsivat edelleen opettajan tukea ja ohjausta, sillä osa heistä oli tehnyt vain vähän kokeellisia töitä lukiossa eikä siten hallinnut tarvittavia tutkimuksellisia työskentelytaitoja. Tutkimuksellisen kokeellisuuden koulutusmallin kehittämisessä tutkijan henkilökohtaiset reflektoidut kokemukset tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttamisesta ovat olleet hyödyllisiä tutkimuskirjallisuuden rinnalla.

### 3.2.2 Osatutkimus 2: Tutkimuksellisen kokeellisuuden nykytila kemian oppikirjoissa

Oppikirja sanelee usein, kuinka kemian kurssi toteutetaan lukiossa (esim. Ahtineva, 2000) ja siksi on tärkeä selvittää, minkälaista oppimista ja opetusta oppikirjojen kokeelliset työohjeet tukevat. Laboratoriotyön työohje määrittää sen, mitä tehdään ja annetun tehtävän rakenteen perusteella voidaan arvioida ratkaisun laatua. Oppimistuotoksen laatu on suhteessa sen rakenteen monimutkaisuuteen eli siihen, kuinka oppijat kykenevät käyttämään erilaisia käsitteitä, yhdistämään niitä toisiinsa ja liittämään niitä uusiin yhteyksiin (Biggs & Collis, 1982).

**Tutkimuskysymys:** Miten lukion kaikille pakollisen kurssin oppikirjojen laboratoriotyöt suuntaavat kemian opetusta ja oppimista lukiossa?

#### 3.2.2.1 Tutkimusmenetelmä

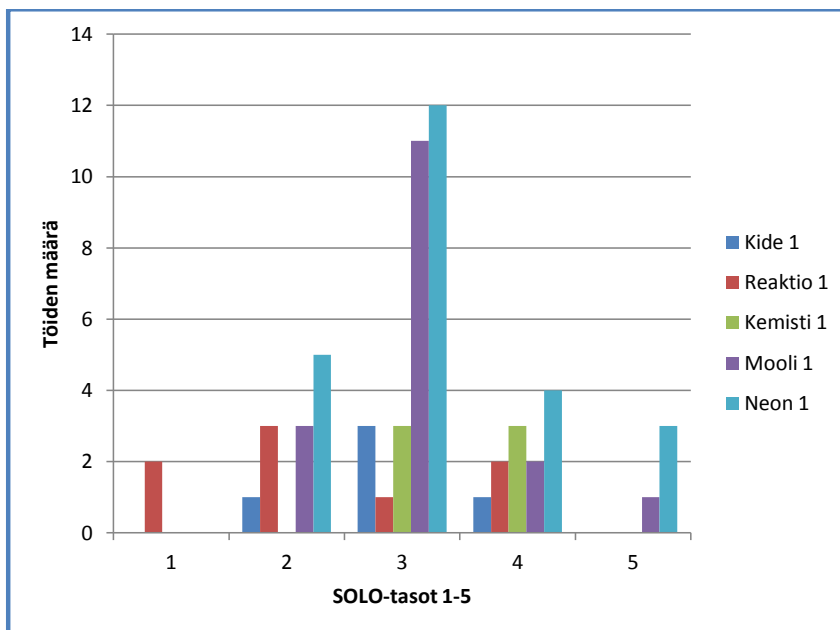
Tutkimuksessa on analysoitu viiden markkinoilla olevan lukion kemian pakollisen kurssin KE1 *”Ihmisen ja elinympäristön kemia”* oppikirjan kokeelliset työt käyttäen SOLO-taksonomiaa (ks. luku 3.1.2) Eri oppikirjat painottavat kokeellisuutta eri tavoin, mutta niistä kaikista löytyy, tavallisesti kirjan lopusta, kirjatekijöiden kokoama laboratoriotöiden osuus. Tavoitteena ei ollut verrata oppikirjojen paremmuutta vaan tutkia ilmiötä kokonaisuutena. Kyseessä on teorialähtöinen (deduktiivinen) sisällönanalyysi, jossa laboratoriotöitä tulkitaan jo olemassa olevan teorian, SOLO-taksonomian, pohjalta (Tuomi

& Sarajärvi, 2009). Kokeellisuuteen sisällytetään tässä tutkimuksessa laboratoriotyön lisäksi myös tehtävät, jotka liittyvät tuloksenkäsittelyyn. Esimerkki oppikirjan sisällönanalyysistä on liitteessä 2.

### 3.2.2.2 Tulokset

Kaaviossa 2 esitetään, kuinka eri oppikirjojen laboratoriotyöt sijoittuvat SOLO-taksonomian viidelle tasolle (Tomperi & Aksela, 2009, 155). Laboratoriotöiden lukumäärä vaihtelee eri oppikirjoissa 5-24 välillä. Kide 1 (Kalkku, Kalmi & Korvenranta, 2004) sisältää yhteensä viisi laboratoriotyötä, joista yksi on unistruktuurisella, kolme multistruktuurisella ja yksi suhteellisella tasolla. Reaktio 1 (Kaila et al., 2006) sisältää kahdeksan laboratoriotyötä, joista kolme on prestruktuurisen, kaksi unistruktuurisen, yksi multistruktuurisen ja kaksi suhteellisen SOLO-tason työtä. Kemisti 1 (Lampiselkä et al., 2004) oppikirjassa on kuusi laboratoriotyötä, joista puolet on multistruktuurisen ja puolet suhteellisen SOLO-tason töitä. Mooli 1 (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2004) sisältää 17 laboratoriotyötä, joista yksi on prestruktuurisella, 13 multistruktuurisella, kaksi suhteellisella ja yksi laajennetulla abstraktilla SOLO-tasolla. Neon 1 (Hannola-Teitto et al., 2004) oppikirjassa on 24 laboratoriotyötä, joista kolme on unistruktuurisen, 15 multistruktuurisen, kolme suhteellisen ja kolme laajennetun abstraktin SOLO-tason tehtäviä.

Tutkimuksen luotettavuustarkastelu tehdään luvussa 6.



**Kaavio 2** Lukion kemian pakollisen KE1 kurssin oppikirjojen laboratoriotöiden sijoittuminen viidelle SOLO-tasolle

(1 = prestruktuurinen, 2 = unistruktuurinen, 3 = multistruktuurinen, 4 = suhteellinen ja 5 = laajennettu abstrakti SOLO-taso)

### 3.2.2.3 Tulosten pohdinta

Kuten aiemmin luvussa 3.1.2.1 todettiin, kvantitatiivisilla SOLO-tasoilla opittavan aineksen määrä kasvaa ja kvalitatiivisessa vaiheessa ymmärrys syvenee. Suljettujen työohjeiden vaatimustaso on jollain kolmesta kvantitatiivisesta SOLO-tasosta. Lukion kemian opetussuunnitelmassa kokeellisuus on keskeisessä osassa, koska kokeellisuuden avulla halutaan tukea opiskelijoiden luonnontieteellisen ajattelun kehittymistä. Oppikirjojen laboratoriotyöt viestivät osaltaan sitä, millaista luonnontieteen luonne on. Kaaviosta 2 nähdään, että neljännes (27%) lukion kemian pakollisen kurssin kaikista laboratoriotöistä kuuluu suhteelliselle tai laajennetulle abstraktille SOLO-tasolle eli 73 % laboratoriotöistä on perinteisiä suljettuja työohjeita. Laboratoriotyö suhteellisella tai laajennetulla abstraktilla SOLO-tasolla on myös tutkimuksellista kokeellisuutta.

Puolet analysoiduista oppikirjojen laboratoriotöistä sijoittuu multistruktuuriselle SOLO-tasolle. Tyypillisessä laboratoriotyössä työn suoritusta varten annetut yksityiskohtaiset (numeroidut) työvaiheet ovat prestruktuurisella SOLO-tasolla, mutta tulosten käsittelyn yhteydessä esitetyt kysymykset ja pohdintatehtävät nostavat laboratoriotyön vaativuusastetta korkeammalle SOLO-tasolle. Vaikka jollakin kolmella ensimmäisellä tasolla oleva laboratoriotyöohje ei tuekaan korkeamman tason ajattelutaitojen kehittymistä, hyvin suunniteltuna se voi opettaa tärkeitä laborointitaitoja, joita tarvitaan tutkimuksellisessa työskentelyssä.

Todellisen maailman ja teorian välillä vallitsee kaksisuuntainen dynamiikka (induktio-deduktio) (Popper & Eccles, 1977). Uusi käsite tulisi Ahtinevan (2005) mukaan oppikirjassa käsitellä sekä induktiivisesti että deduktiivisesti. Tavallisesti käsite esitellään oppikirjan tekstissä induktiivisesti ja todennetaan kokeellisessa osuudessa deduktiivisesti. (Ahtineva, 2005) Tämä käytäntö näkyy analyysin tuloksissa, sillä lukion pakollisen kurssin laboratoriotöistä noin 80 % on luonteeltaan deduktiivisia. Jos halutaan harjoitella tasapuolisesti sekä induktiivista että deduktiivista päättelyä laboratoriotyöskentelyssä, pelkästään oppikirjojen laboratoriotöitä käyttämällä se on vaikeaa.

Nykyinen käsitys oppimisen sosiaalisesta luonteesta ei näy oppikirjoissa, esimerkiksi kokeellisten töiden työohjeet on laadittu kaikki toisessa persoonassa. Käytännössä oppitunnilla laboratoriotyöt suoritetaan pienissä ryhmissä tai pareittain (Aksela & Juvonen 1999). Jos laboratoriotyötä ei ole alkuaan suunniteltu tehtäväksi ryhmätyönä, ryhmän jäsenet voivat jakaa työohjeen numeroidut työvaiheet keskenään siten, että kukin suorittaa omaa erillistä tehtäväänsä eikä työstä muodostu yhtenäistä kokonaisuutta. Se ei tue yhteisöllistä pohdintaa, joka voisi tuoda näkyviin opiskelijoiden vaihtoehtoisia käsityksiä käsillä olevasta asiasta ja haastaa heitä pyrkimään kohti toimivampaa ja tieteellisempää ajattelua.

Tutkitut oppikirjat eivät myöskään kannusta oppilaan ja oppikirjan väliseen vuorovaikutukseen. Laboratoriotyön ohjeessa voidaan selittää työvaiheet yksityiskohtaisesti, vaikka hieman oppikirjaa selaamalla sama asia löytyisi tekstiosasta: Esimerkiksi liuoksen valmistusta esittävä kuvasarja on siirretty myös työohjeen yhteyteen tai sanallinen kuvaus tekstissä liuoksen valmistuksesta toistetaan työohjeessa. Toisaalta oppikirjoissa ei aina luoteta opiskelijan osaavan päätellä kokeiden tuloksia ”oikein”, vaan niitä voidaan paljastaa tulosten käsittelyosan tehtävissä: Esimerkiksi erotettaessa kasvien yhdisteitä uuttamalla työn lopussa on kaksi kysymystä: ”Miten perustelet molekyyliarakenteen nojalla sen, että klorofylli liukenee sekä alkoholi-vesiseokseen että poolittomaan liuottimeen?” ja ”Miksi punaiset ja siniset väriaineet jäävät

alkoholivesiseokseen?”. Työssä, jossa tehtävänä on tutkia saippuan vaahtoavuutta erilaisissa vesityypeissä, kysytään, miksi saippua ei vaahtoa kovassa vedessä.

### 3.2.2.4 Yhteenveto

Tyypillinen laboratoriotyö kemian pakollisen kurssin oppikirjoissa sisältää perinteisen suljetun työohjeen, ja mekaanisen suorituksen jälkeen oppilaita ohjataan irrallisten kysymyksien avulla liittämään tekemiään havaintoja käsitteelliseen tietoon tulosten käsittelyn vaiheessa. Tällainen kokeellisuus ei tue tutkimuskirjallisuuden mukaan oppilaiden yhteisöllistä tiedon rakentelua eikä työn onnistuminen vaadi siihen liittyvien teoreettisten käsitteiden ymmärtämistä vaan ohjeen seuraamista. (esim. Hofstein & Kind, 2012) Kokeellinen työ on tehokas oppimistapahtuma, jos se stimuloi havaintojen ja ideoiden välistä vuoropuhelua kokeellisen toiminnan *aikana* (Abrahams & Millar, 2008). Laboratoriotöissä korostuu käden taitojen ja havainnoinnin merkitys. Toisaalta, koska opiskelijoilla voi olla oppikirja-analyysin perusteella jo runsaasti kokemuksia työskentelystä multistruktuurisella SOLO-tasolla, he voivat siirtyä suoraan harjoittelemaan tutkimuksellisia tehtäviä suhteellisella SOLO-tasolla.

### 3.2.3 Osatutkimus 3: Opettajien valitsemien kokeellisten töiden tutkimus

Kemian oppikirjojen kokeellisissa töissä on paljon erilaisia vaihtoehtoja valittavana ja yleensä enemmän töitä kuin mitä yhdellä kurssilla ehditään tehdä. Koska suuri osa oppikirjojen kokeellisista töistä on perinteisiä todentavia työohjeita (ks. edellinen osatutkimus 2), on tärkeä tietää, valitsevatko opettajat juuri suljettuja työohjeita vai vaativampia tehtäviä, jotka ohjaavat lukiolaisia aktiiviseen tiedonkäsittelyyn ja henkilökohtaiseen tiedon konstruointiin mekaanisen suorituksen sijaan. Kiinnostavaa tutkimuksellisesti on myös tietää, käyttävätkö opettajat kurssikirjan töitä vai suunnittelevatko he ne itse. Lukion kemian opettajille suunnatulla koulutuskurssilla (ks. luku 4.1) pyydettiin ennakkotehtävänä opettajan oman kokeellisen suosikkityön ohje siinä muodossa kuin opiskelijat saavat sen suoritettavakseen. Lisäksi opettajia pyydettiin perustelemaan, miksi kyseinen työ on heidän mielestään hyvä. Kymmenen opettajaa vastasi tehtävään. (Tomperi & Aksela, 2011)

#### Tutkimuskysymykset:

- 1) Millaisia kokeellisia töitä lukion kemian opettajat valitsevat ja miksi?
- 2) Millaista oppimista opettajien valitsemissa kokeellisissa töissä voi parhaimmillaan tapahtua, kun oppijat suorittavat ne ohjeiden mukaan?
- 3) Miten konstruktivismin mukainen näkemys oppijasta aktiivisena toimijana toteutuu lukion opettajien valitsemissa töissä?

#### 3.2.3.1 Tutkimuksen toteutus

Opettajien valitsemien töiden työohjeet perusteluineen arvioitiin laadullisesti teorialähtöisen sisällöntutkimuksen keinoin (Tuomi & Sarajarvi, 2009). Tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan luvussa 6.



Työohjeiden sisällönanalyysissä tutkittiin tutkimusaineistoa käyttäen neljää eri teoriaa, joita ovat:

- 1) Kokeellisuuden luokittelu sen mukaan, minkälaista oppimista ne tuottavat: Dominin (1999) mukaan erilaiset lähestymistavat kemian opetuksessa voivat tuottaa todentavaa, tutkimuksellista, keksintöperustaista tai ongelmaperustaista oppimista (taulukko 4 s. 19).
- 2) Kokeellisuuden luokittelu sen perusteella, kuka on vastuussa toiminnasta (Abrams, Southerland & Evans, 2007): Kokeellisuuden vaativuusaste määräytyy sen mukaan kumpi, oppilas vai opettaja, on vastuussa tutkimuskysymyksen laatimisesta, tutkimusmenetelmän valitsemisesta ja tulosten tulkitsemisesta (taulukko 5 s. 23).
- 3) Kokeellisuuden luokittelu sen mukaan, onko työ suunniteltu toteutettavaksi yhteisöllisesti eli kollaboratiivisesti vai yhteistoiminnallisesti eli kooperatiivisesti. Yhteistoiminnallisessa oppimisessa ryhmän jäsenet jakavat annetun tehtävän osiin, ratkaisevat osatehtävät itsenäisesti ja lopussa kokoavat ne yhteen. Yhteisöllisessä oppimisessä kaikilla ryhmän jäsenillä on yhteinen tehtävä ja tavoite, jossa pyrkimyksenä on rakentaa yhteistä ymmärrystä neuvottelemalla vuorovaikutuksessa keskenään. (Dillenbourg, 1999)
- 4) Kokeellisuuden luokittelu sen perusteella, mitä kognitiivisia ajattelutaitoja työt voivat edistää Bloomin taksonomian mukaan (s. 27).

Esimerkkinä sisällönanalyysin eteneminen Elektrokemian työssä (Taulukko 11: Työ 5): Opiskelijat tekevät neljässä eri työpisteessä elektrokemian erilaisista elektrokemialiuoksista, jotka annetaan valmiina. Työohjeessa on havaintojen ja johtopäätösten koontitaulukko, jossa lisäksi harjoitellaan osareaktioyhtälöiden kirjoittamista. Työohjeen johdannossa muistutetaan, että anodilla tapahtuu aina hapettuminen ja katodilla pelkistyminen. Lisäksi annetaan valmiina veden hajoamisen osareaktioyhtälöt anodilla ja katodilla. Opiskelijoiden tehtävänä on tunnistaa, mitä ainetta syntyy katodilla ja anodilla. Työ on helppo suorittaa yksityiskohtaisen työohjeen avulla. Koska toimintatapa annetaan valmiina ja opettaja tietää oikeat vastaukset etukäteen, kyseessä on keksintöperustainen oppiminen (Domin, 1999). Oppijat päättävät induktiivisesti tekemiensä havaintojen perusteella, mitä aineita elektrokemialiuoksissa muodostuu. Koska opiskelijat tulkitsevat tulokset itse, elektrokemialiuosityö edustaa tason 1 struktuurista tutkimuksellista kokeellisuutta (taulukko 5). Työohjetta voi seurata vain kollaboratiivisesti, eli kaikki samassa työpisteessä olevat opiskelijat etenevät yhdessä vaihe vaiheelta. Työssä harjoitetaan korkeamman tason ajattelutaitoja Bloomin taksonomian mukaan, kun opiskelijat kokoavat ja käyttävät elektrokemialaitteistoa (soveltaminen) ja tekevät havaintojen perusteella johtopäätöksiä siitä, mitkä kilpailevat reaktioista tapahtuvat elektrodilla (analysoiminen).

### 3.2.3.2 Tulokset

Taulukkoon 10 on koottu suosituimmuusjärjestyksessä hyvän kokeellisen työn ominaisuudet Kemian opetus tänään -kyselytutkimuksen mukaan (Aksela & Juvonen, 1999). Samaan taulukkoon on koottu myös tähän tutkimukseen osallistuneiden opettajien perustelut, sillä samalla kun he lähettivät oman suosikkityönsä työohjeen, he perustelivat sanallisesti, miksi se (tai joku muu työ) on heidän mielestään hyvä kokeellinen työ. Taulukosta nähdään, että hyvä kokeellinen työ lukiossa on opettajien mielestä sellainen, että se tukee teorian oppimista, on selkeä ja siinä tulokset ovat helposti nähtävissä, on

yksinkertainen, helppo ja turvallinen toteuttaa, onnistuu aina ja on nopea tehdä. Kukaan ei kuvaillut hyvää kokeellista työtä avoimeksi tai motivoivaksi.

**Taulukko 10** Hyvän kokeellisen työn ominaisuuksia (Aksela & Juvonen, 1999)  
koulutukseen osallistuneiden opettajien (1-10) mukaan

Perustelu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Yhteensä
Tukee teorian oppimista.	x			x				x			3
Selkeä ja tulos selvästi nähtävissä.				x	x		x				3
Motivoiva.											0
Yksinkertainen, helppo ja turvallinen toteuttaa.					x		x		x		3
Onnistuu aina.		x				x			x		3
Nopea tehdä.							x		x		2
Aihe arkielämästä tai oppilaan oma.									x		1
Avoin tehtävä.											0
Työ kehittää oppilasta monipuolisesti.						x					1

Kemian opettajien suosikkitoiden valinnat lähteineen ja yhteenvedo tuloksista on koottu Taulukkoon 11. Seitsemässä laboratoriotyössä kymmenestä on ollut lähteenä lukion oppikirja. Niistä kolmeen työohjeeseen on lisäksi tehty opiskelijoille jaettava työohjetta selkiyttävä lisämateriaali.

Neljässä suosikkityössä lähestymistapa oppimiseen on lähinnä keksintöperustaista; siinä oppijat ohjataan induktiivisesti ”keksimään” opetuksen tavoitteena oleva asia tai ilmiö ominaispiirteineen ja siten ymmärtämään sitä paremmin (Domin, 1999). Keksintöperustaiset työt ovat myös tutkimuksellisia, sillä vaikka opettaja antaa tutkimuskysymyksen ja toimintatavan, oppijat ovat vastuussa tulkinnasta. Kuusi valintaa edustaa perinteistä todentavaa verifiointilaboratoriota, joista viisi ei ole lainkaan tutkimuksellista. Poikkeus on työ 2, joka käsittelee seitsemän erilaista osoitusreaktiota. Siinä tulosten tulkinta on periaatteessa jätetty oppilaille, mutta työohjeen tehtävien muotoilun perusteella heiltä edellytetään vain sen havainnointia, mitä kokeissa tapahtuu, ei havaintojen selittämistä.

Suurin osa töistä on suunniteltu toteutettavaksi kollaboratiivisesti. Kollaboratiivisessa oppimisessa oppijoiden välille muodostuu tilanne, jossa voi olettaa tapahtuvan oppimismekanismeja käynnistävää vuorovaikutusta (Tynjälä, 1999). Parhaimmillaan se voi tuottaa sosiokonstruktivismin mukaisia yhteisesti jaettuja merkityksiä opittavasta aiheesta yhdessä pohtimisen ja ongelmien analysoimisen kautta. Kooperatiivinen ryhmätyö voi puolestaan hajottaa työn suorituksen irrallisiin osiin, joista oppijoiden on vaikea luoda itselleen kokonaiskuvaa. Opiskelija voi kokea, ettei hänen edes tarvitse ymmärtää sitä osaa työstä, joka on toisen opiskelijan vastuulla.

Bloomin taksonomia jakaa ajattelutaidot kahteen ryhmään: Tasoja 1 ja 2 pidetään alemman tasoisina perustaitoina, joita tarvitaan aina ylemmillä tasoilla 3-6, joita kutsutaan korkeamman tason ajattelutaidoiksi (Bloom et al., 1956). Suosikkitoiden analyysissä havaittiin, että kuudessa työstä kymmenestä oppijat voivat harjoitella myös yhtä tai useampaa korkeamman tason ajattelutaitoa eli soveltamista, analysoimista ja synteessin tekemistä.

**Taulukko 11** *Yhteenveto opettajien valitsemien laboratoriotöiden laadullisesta sisällönanalyysistä (Tomperi & Aksela, 2011).*  
*Tutkimuksellisuuden taso: 1 = strukturoitu ja 0 = ei-tutkimuksellinen.*

Opettajan suosikkityö	Lähestymis- tapa oppimiseen (Domin, 1999)	Tutkimuk- sellisuuden taso	Kooperatiivinen/ Kollaboratiivinen/ Molemmat (Dillenbourg, 1999)	Bloomin taksonomian tasot
1. Seoksen erotus- menetelmiä – seoksen massa-% koostumus (Mooli1 + lisämateriaali)	Todentava oppiminen	0	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen
2. Kemiallisia reaktioita	Todentava oppiminen	1	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen
3. Heikon hapon happovakion arvon määrittäminen	Todentava oppiminen	0	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen
4. Samanlainen liuottaa samanlaista (Mooli 2)	Keksintö- perustainen oppiminen	1	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen
5. Elektrolyysi (Reaktio 4)	Keksintö- perustainen oppiminen	1	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen Analysoiminen
6. Orgaanisen hapon rakenteen tutkiminen (Mooli 2)	Keksintö- perustainen oppiminen	1	Molemmat	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen Analysoiminen Syntetisoiminen
7. Tutkimus reaktionopeuteen vaikuttavista tekijöistä (sovellus Mooli 3 ohjeesta)	Keksintö- perustainen oppiminen	1	Molemmat	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen Analysoiminen
8. Seoksen erotus- menetelmiä – seoksen massa-% koostumus (Mooli 1 + lisämateriaali)	Todentava oppiminen	0	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen
9. Popcornin halkeamispaineen määrittäminen (Mooli 3)	Todentava oppiminen	0	Kollaboratiivinen	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen Analysoiminen
10. Liuoksen valmistaminen	Todentava oppiminen	0	Molemmat	Mieleen palauttaminen Ymmärtäminen Soveltaminen

### 3.2.3.3 Tulosten pohdinta

Tutkimuksen mukaan opettajat tekevät ajattelussaan ja opetuksen suunnittelussaan eron teoreettisen tiedon ja menetelmätiedon välillä siten, että he opettavat teoriaa suoraan mutta menetelmätietoa epäsuorasti. Opettajat olettavat, että kokeellisten töiden tekeminen tuottaa oppijoille epäsuorasti hiljaista tietoa siitä, mitä tieteellisen tutkimuksen suunnittelu ja toteutus tarkoittaa. (Abrahams & Millar, 2008) Tässä osatutkimuksessa opettajien valitsemissa töissä työvaiheet on ohjeistettu niin hyvin, että niitä tehdessään opiskelijoiden ei tarvitse kiinnittää huomiota toimintatapaan, koska siihen ei ole jätetty tilaa oppijan omalle pohdinnalle, kuten esimerkiksi ”Miksi valitaan juuri tämä väline?” tai ”Miksi tietyt toimenpiteet tehdään juuri tässä järjestyksessä?”. Opettajien suosikkitöiden joukossa ei ollut yhtään kokeellista työtä, jossa oppijat olisivat itse valinneet tutkimusaiheen ja tutkimusmenetelmän eli harjoitelleet tutkimuksen suunnittelua ja toteutusta. Suosikkitöissä oletuksena on, että kokeelliset työskentelytaidot kehittyvät implisiittisesti seuraamalla työohjetta ilman, että työvaiheita tarvitsee erikseen tehdä oppijoille näkyväksi kysymyksiä tai tehtävien avulla. Esimerkiksi syventävien kurssien työohjeissa tutkimusmenetelmät ohjeistetaan niin perusteellisesti, ettei oppijan tarvitse kerrata mitään: Titraustyön suoritusohjeet annetaan joka kerta uudestaan (työt 3 ja 6) eikä opiskelijan tarvitse itse miettiä kyseiseen titraukseen sopivaa indikaattoria (työ 5). Taulukkokirjan tietoja annetaan työohjeen yhteydessä valmiina, vaikka niiden etsimistä ja valitsemista taulukkokirjasta olisi hyvä harjoitella juuri työn suorituksen yhteydessä (työ 5).

Parhaimmillaan suosikkityöt antavat oppilaille vastuuta vasta tulosten tulkitsemisvaiheessa. Neljän opettajan työohje viittaa lähinnä keksintöperustaiseen eli induktiiviseen oppimiskäsitykseen. Kaikki neljä eivät kuitenkaan selvästi edusta keksintöperustaista oppimista, vaan keksintöperustaisen ja todentavan sekoitusta: Oppijoille on jätetty tilaa tulkita tuloksia, mutta silti ohjeissa myös kerrotaan, mitä pitäisi havaita (työt 4 ja 7). Keksintöperustaisissa töissä tehtäviä oli usein laadittu kysymyksen muotoon, kun taas todentavissa työohjeissa oppijoille ei esitetty yhtään kysymystä. Kolmen opettajan mukaan kokeellisuuden tekeminen kemian kurssilla tukee teorian oppimista (Taulukko 10). Kuitenkin tiedetään, että kokeellinen työskentely ei johda implisiittisesti teorian oppimiseen vaan oppijoita pitää erikseen tukea näkemään ilmiöt samalla tavalla kuin opettaja ne näkee (Abrahams & Millar, 2008).

Yhteenvetona voidaan todeta, että opettajien valintojen perusteella hyvä työ on ohjeistukseltaan selkeä ja yksityiskohtainen. Oppijaa ohjataan työskentelemään yhteisöllisesti pareittain tai pienissä ryhmissä, joissa usein keskitytään tekemään havaintoja. Työ sisältää useita pieniä vaiheita, jotka etenevät johdonmukaisesti. Työskentelyn lopuksi tulosten käsittelyn osassa oikea vastaus löytyy joko laskemalla kvantitatiivisesti tai havaintojen perusteella johtopäätöksiä tekemällä. Havaintojen tukemana tehtävä pohdinta voi kehittää korkeamman tason ajattelutaitoja. Työskentely on kuitenkin opettajakeskeistä ja opettaja voi oman toimintansa kautta opetustilanteessa myös säädellä työn vaativuutta.

Opettajan uskomus siitä, kuinka oppijat oppivat, vaikuttaa opetuksen suunnitteluun ja toteutukseen (ks. luku 3.1.3.2). Tutkimuksen (Bryan & Abell, 1999) mukaan opettajien oppimiskäsityksessä voi olla ristiriita aikaisemman oppimiskäsityksen mukaisen tiedonsiirtäjä-opettajan ja nykyisen oppimiskäsityksen mukaisen oppimisen ohjaajan välillä. Opettaja voi esimerkiksi nähdä opiskelijan aktiivisena tiedon rakentajana, kun hän tekee kokeellista työtä, vaikka opiskelija pelkästään seuraa työohjetta. Toisaalta on esitetty,

että jos opettajalla ei itsellään ole kokemusta luonnontieteellisestä tutkimustyöstä, hänen voi olla vaikea toteuttaa tutkimuksellisuutta omassa opetuksessaan (Roth, McGinn & Bowen, 1998).

### **3.2.4 Yhteenveto empiirisestä ongelma-analyysistä**

Opettajat valitsevat kokeellisen työn tavallisesti kemian oppikirjasta, josta löytyy monen tasoisia vaihtoehtoja. Heidän mielestään ihanteellinen laboratoriotyö on yksinkertainen, helppo toteuttaa ja onnistuu aina. Siitä voi päätellä, että opettajat mielellään teettävät sellaisia laboratoriotoita, jotka ovat suljettuja, hyvin ohjeistettuja ja jo aiemmin oppitunnilla käsiteltyä teoriaa todentavia tutkimuksia. Usein oppijan kognitiivisia taitoja harjoitetaan vasta tulosten käsittelyvaiheessa, jossa hänen tehtävänään on tulkita tuloksia tekemiensä havaintojen perusteella. Tämä edustaa ns. jäsennehtyä tutkimuksellisuutta (Taulukko 5 s. 23) tai keksintöperustaisuutta (Taulukko 4 s. 19). Oppimisen näkökulmasta sellaiset kokeelliset työt, joissa oppijat joutuvat olemaan aktiivisia koko suorituksen ajan, ovat tehokkaampia oppimistapahtumia (Abrahams & Millar, 2008). Tämä voidaan saavuttaa toteuttamalla ohjattua tai avointa tutkimuksellista lähestymistapaa kokeellisessa opetuksessa, joissa opiskelijat suunnittelevat itse ainakin osan toiminnastaan.

Opettajat tarvitsevat apua kokeellisten töiden laadulliseen arviointiin. Valitessaan kokeellista työtä opettajan tulee voida tehdä päätös siitä, millaisia taitoja työn suorittaminen edellyttää oppijalta ja millaista oppimista työ parhaillaan voi edistää oppijoissa. Laboratoriotyön vaativuuden tai helppouden ymmärtäminen tekee mahdolliseksi sen, että opettaja voi opetusta suunnitellessaan muuttaa työohjetta sellaiseksi, että se täyttää ne oppimisen kriteerit, jotka hän, tai oppija itse, sille asettaa.

## **3.3 KEHITTÄMISTUOTOS: TAVOITTEET**

Tässä luvussa tehdään yhteenveto teoreettisesta ja empiirisestä ongelma-analyysistä ja esitetään niiden pohjalta kehittämistavoitteet. Koska on olemassa jonkinlainen yksimielisyys tutkijoiden keskuudessa siitä, kuinka vaikuttava ammatillisen kehittämisen koulutus tulisi toteuttaa (ks. luku 3.1.3.2), tässä luvussa kuvataan, kuinka koulutuksen toteuttamisessa on huomioitu tutkijoiden näkemyksiä (Dillon, 2000; Birman et al., 2000; Desimone, 2009). Kehittämisen kohteena on vapaaehtoinen LUMA-koulutus, jonka päämääränä on edistää tutkimuksellista kokeellisuutta lukiossa.

Empiirisen pienimuotoisen toimintatutkimuksen perusteella voidaan todeta, että tutkimuksellinen kokeellisuus sopii lukion kemian opetukseen (luku 3.2.1). Oppilaat kykenivät muuttamaan toimintaansa erilaisessa oppimisympäristössä: Työohjeen muuttaminen ongelmanratkaisutehtäväksi aiheutti aluksi hämmennystä, mutta työhön ryhtyttyään opiskelijat ratkaisivat tehtävät onnistuneesti. Toimintatapa tuotti positiivisia kommentteja kokeellisuudesta palautelomakkeisiin. Koulutuksen kuluessa opettajien pitää vakuuttua siitä, että kokeellista tehtävää voidaan muuttaa opetuksen tavoitteiden ja käytettävissä olevan ajan ja resurssien mukaisesti joko kokonaan tai osittain tutkimukselliseksi ja että tutkimukselliset tehtävät voivat olla luonteeltaan ja vaatimustasoltaan erilaisia.

Oppikirjojen kokeellisten töiden analyysin perusteella (luku 3.2.2) voidaan todeta, että monet niistä eivät mahdollista suoraan tutkimuksellista lähestymistapaa kemian kokeellisessa opetuksessa. Monet oppikirjojen työohjeet eivät sellaisenaan täytä

mielekkään kokeellisuuden vaatimuksia, sillä ne edellyttävät oppijoilta vain ohjeiden seuraamista. Työohjeiden yhteydessä usein olevat työhön liittyvät kysymykset nostavat työohjeiden laatua, mutta eivät tee niitä tutkimukselliseksi. Pohdinnan pitäisi lisäksi tapahtua työn tekemisen yhteydessä, eikä sen jälkeen, jotta se olisi oppimisen kannalta tehokasta (Abrahams & Millar, 2008). Opettajat tarvitseva apua työohjeiden laadullisessa arvioinnissa, jotta valitessaan, suunnitellessaan tai muokatessaan työohjetta opetuksen tavoitteisiin nähden sopiviksi, he teettäisivät oppilailla tilanteeseen sopivia töitä, jotka ovat riittävän vaativia ja haastavat ajattelemaan, mutta eivät ole toisaalta liian vaikeita. Koska monet oppikirjojen kokeelliset työt ovat multistruktuurisella SOLO-tasolla, oppilailla on yleensä kokemusta sen tason työskentelystä lukiossa, joten siirtyminen seuraavalle suhteelliselle SOLO-tasolle on mahdollista toteuttaa pienin muutoksin. Tutkimuksellinen kokeellisuus liittyy myös läheisesti luonnontieteen luonteeseen ja siksi sen käsitteleminen koulutuksen yhteydessä eksplisiittisesti yhtenä teemana on tärkeää.

Koulutuksessa pitää ottaa huomioon opettajan uskomukset, asenteet ja aikaisempi tieto kokeelliseen opetukseen liittyen ja siksi on hyvä lähteä liikkeelle analysoimalla olemassa olevaa opettajan kokeellisessa opetuksessaan käyttämää materiaalia. Opettajien valitsemien kokeellisten töiden analyysin (luku 3.2.3) perusteella voidaan sanoa, että monet heistä eivät valitse tutkimuksellisia töitä, vaan pitävät perinteisistä yksityiskohtaisesti ohjeistetuista työohjeista, joita on helppo toteuttaa oppitunnin aikana. Siksi koulutuksessa lähdetään kehittämään olemassa olevia tuttuja työohjeita tutkimukselliseksi sen sijaan, että käsiteltäisiin tutkimuksellisuutta tutkimuskurssin tai työkurssin kuluessa toteutettavana oppilaiden itsenäisenä tutkimusprojektina (Näsäkkälä, Flinkman & Aksela, 2001). Sellaisen toteuttaminen voi onnistua paremmin, kun opettajilla on kokemuksia tutkimuksellisuudesta käytännössä.

Desimone (2009) on koonnut tutkimuskirjallisuudesta viisi keskeistä ammatillista kehittymistä edistävien innovaatioiden tunnuspiirrettä. Seuraavassa käsitellään kutakin niistä erikseen ja kerrotaan, millä tavalla ne näkyvät kurssin toteutuksessa:

1) **Kohteena on sisältötieto ja kuinka sitä opitaan parhaiten.** Kurssin sisältötietona on tutkimuksellinen kokeellisuus kemian opetuksessa ja tutkimustiedon sekä esimerkkien avulla pohditaan, millaista oppimista kokeellisuuden tekeminen voi tuottaa oppilaissa. SOLO-taksonomian avulla opetellaan analysoimaan ja modifioimaan kokeellisia työohjeita oppimisen tavoitteiden mukaisesti.

2) **Aktiivinen oppiminen.** Opettajat tekevät oppimistehtäviä, suunnittelevat opetuskokeiluja tutkimuksellisesta kokeellisuudesta, laativat tutkimuksellisia työohjeita ja testaavat niitä käytännössä oppilaiden kanssa, esittelevät omia tutkimuksellisia töitä muille Optima -verkkoympäristössä, antavat palautetta ja saavat itse palautetta muilta. Kurssin päämääränä on tuottaa käytännössä testattuja työohjeita omaan ja muiden opettajien yhteiseen käyttöön. Koulutuksen tulisi tukea opettajien omaa oppimista ja kykyä tunnistaa omia uskomuksiaan: pysyvät muutokset opettajan käytännöissä edellyttävät myös pysyviä muutoksia hänen uskomuksissaan, asenteissaan ja tiedoissaan (Clarke & Hollingsworth, 2002). Opettajia tuetaan tulemaan oman työnsä tutkijoiksi esittelemällä heille toimintatutkimuksen menetelmä.

3) **Koherenssius** eli esiteltävän tiedon tulee olla yhdensuuntainen opettajan tietojen ja uskomusten kanssa. Tutkimuksellinen kokeellisuus on konstruktivismia käytännössä. Opettajan oma toiminta oppitunnilla ratkaisee viimekädessä tutkimuksellisuuden asteen (Blanchard et al., 2010). Opettajan tulee laajentaa rooliaan tiedonjakajasta kohti oppivaa ja tutkivaa opettajuutta tutkimusperustaisen käytännön toteuttamiseksi. Tutkivaa opettajuutta

hän voi harjoitella analysoimalla työohjetta teoreettisen viitekehyksen avulla, vertaamalla alkuperäistä ja modifioitua työohjetta toisiinsa eli vertaamalla vanhaa ja uutta toimintatapaa toisiinsa, seuraamalla opiskelijoiden reaktioita ja dokumentoimalla niitä, ja sopeuttamalla toimintaansa hankkimansa tiedon perusteella.

4) **Koulutuksen kesto.** Mielekäs koulutus perustuu työssä oppimiseen: Koulutus tähtää koulussa tapahtuvaan oppimiseen, kun opettajat suunnittelevat ja toteuttavat tutkimuksellisia töitä lukion kemian kursseille kevätlukukauden kuluessa. Koulutuksen aikana opettajat hankkivat kokemuksia uudentyyppisestä toimintavasta ja etenevät omaan tahtiinsa. Vaikka opettajat itse toivovat lyhytkestoista koulutusta, heillä pitää olla riittävästi aikaa kokemuserustaiseen oppimiseen ja reflektointiin.

5) **Kollektiivinen osallistuminen** eli osallistujat opettajat opettavat samaa oppiainetta, samanikäisiä oppilaita tai tulevat samasta koulusta. Koulutukseen osallistuvat kemian opettajat tulevat eri kouluista, joten heidän verkostoitumistaan voidaan tukea ottamalla käyttöön Optima -verkkoympäristö koulutuksen ajaksi. Se mahdollistaa yhteydenpidon, vertaistuen ja tiedon jakamisen koko koulutuksen ajan lähitapaamisten välissä.

Kehittämistutkimuksessa kokeillaan SOLO-taksonomian toimivuutta monipuolisesti teoreettisena viitekehyksenä tutkimuserustaisen koulutuksen periaatteiden mukaisesti. SOLO-taksonomiaa käytetään työohjeiden laadullisessa analysoinnissa, teoreettisena viitekehyksenä korkeamman tason ajattelutaidoille (Nurminen & Aksela, 2007) ja konkreettisena työkaluna työohjeiden modifioinnissa. Lisäksi se voi toimia kognitiivisena työkaluna, joka heijastaa sitä käyttävän yhteisön näkemyksiä. Sen käytön tavoitteena on jaettu ymmärrys käsillä olevasta asiasta eli se ilmaisee tietämisen tapaa yhteisössä. (Brown, Collins, & Duguid, 1989; Magnusson, Sullivan Palincsar, & Templin, 2006) SOLO-taksonomia tuottaa kieltä, jota opettajat voivat käyttää keskustelussa kokeellisesta opetuksesta ja oppimisesta. Siten se tukee tiedon rakentelua käsitteiden passiivisen vastaanottamisen sijaan.

Lopuksi on koottu yhteenvedona 10 tekijää (vahvennettu teksti) Dillonin (2000) mukaan, jotka koulutuksen järjestämisessä pitäisi huomioida ja sen jälkeen kuvataan, kuinka kurssin suunnittelussa ja toteutuksessa kyseisiä tekijöitä on huomioitu.

1) **Jotta opettajille ylipäättään syntyisi motivaatio oppia uutta, heidän tulisi kokea tyytymättömyyttä vallitsevaa käytäntöä kohtaan.** Alkusysäys voi olla oppilailta, muilta opettajilta tai rehtorilta saatu palaute. Taitavasti annettu palaute luo rakentavaa tyytymättömyyttä eikä lamaannuta kohdettaan. Tyytymättömyys voi syntyä myös opettajan oman reflektion seurauksena. Koulutuksessa otetaan käytännön esimerkkejä tavallisista kokeellisista töistä ja käytännöistä, jotka ovat tuttuja opettajille ja pyritään osoittamaan, että ne eivät kestä kriittistä tarkastelua ja siten muutosta tarvitaan uusien käytäntöjen luomiseksi. SOLO-taksonomian tehtävänä on saada opettajia huomaamaan käyttämiensä työohjeiden heikkoudet ja siten herättää heissä tyytymättömyyttä, mutta myös antaa suuntaviivat sille, miten työohjetta voi parantaa.

2) **Opettajilla pitää olla aikaa pohtia olemassa olevia käytäntöjä, työstää niiden seurauksena nousevia epäilyksen, epävarmuuden ja riittämättömyyden tunteita, etsiä, tutkia ja kokeilla materiaaleja, jotka tuovat uusia ratkaisuja ja palauttavat opettajan taas hetkeksi tyytyväisyyden tilaan.** Lukion opettajat ovat kiireisiä, joten ajan varaaminen uuden käytännön harjoittelua varten koulutuksen aikana on ensimmäinen tavoite.

3) **Täytyy olla näyttöä uusien opetusmenetelmien toimivuudesta ja niiden pedagogisesta oikeellisuudesta.** Tutkimuksellisesta lähestymistavasta ja SOLO-

taksonomiasta löytyy tutkimustietoa perusteluksi (luku 3.1). Myös kouluttajan omien kokemusten jakaminen kurssilaisten kanssa voi lisätä luottamusta.

4) **Opettajat tarvitsevat tietoa siitä, mistä he voivat etsiä ja löytää uusia ideoita opetuksen alalta.** Kyseessä voi olla konkreettinen paikka tai internetin verkkosivusto, esimerkiksi LUMA -keskus ja LUMA -portaali. Myös vuosittaiset kemian opetuksen päivät ja LUMA tiede- ja teknologiapäivät palvelevat opettajia tarjoten tieteellistä tietoa kemian opetukseen liittyen.

5) **Lukion kemian opettajat työskentelevät tavallisesti yksin eristyksissä kollegoista, joten tilaisuus keskustella ja työskennellä yhdessä saman alan opettajien kanssa motivoi heitä.** Tämä on mahdollista toteuttaa, kun opettajille annetaan tilaa tutustua toisiinsa ja varataan aikaa keskustelemiseen.

6) **Valmentaminen (coaching) ja vertaistuki yhdessä luovat edellytykset koulutuksen onnistumiselle.** Optimassa opettajat voivat keskustella keskenään ja kertoa muille omista kokemuksistaan. Verkkoympäristö on ajasta ja paikasta riippumaton, joten opettajat voivat mennä sinne, milloin haluavat.

7) **Opettajat osallistuvat arviointiin ja saavat itse palautetta omasta toiminnastaan.** Verkkotyöskentelyyn osallistuvat opettajat saavat palautetta kouluttajalta ja aktiivisilta osallistujilta.

8) **Esimiehen tuki rohkaisee kokeilemaan uutta ja erilaista.** Koulutus on vapaaehtoista eikä maksa osallistujille mitään, mikä voi myös tarkoittaa sitä, että rehtori ei tiedä koulutuksesta mitään, koska se järjestetään lauantaisin vapaapäivänä. Tämä voi vaikuttaa opettajan motivaatioon siten, että vaikeuksien tullessa tai työmäärän lisääntyessä opiskelu keskeytyy.

9) **Motivaatio lisääntyy, jos opettajalle syntyy tunne henkilökohtaisesta kasvusta. Tunne voi syntyä myös, jos opettajat havaitsevat, että uudella käytännöllä on merkittävä vaikutus oppijoiden oppimiseen.** Toimintatutkimuksen keinoin opettajat voivat hankkia todisteita muutoksesta, jota oppilasryhmän toiminnassa tapahtuu, kun siirrytään tutkimukselliseen lähestymistapaan. Kokemuksellinen oppiminen ei käsitä vain positiivisia kokemuksia vaan myös negatiiviset kokemukset ovat osa oppimisprosessia. Itse asiassa juuri negatiiviset tunteet nähdään produktiivisina, koska ne voivat johtaa hedelmällisiin hämmennyksen tiloihin yksilössä (Kukkonen, 2009). Vastoinikäymisiä kohdatessaan opettaja voisi kokea olevansa oikealla tiellä, mikä kannustaisi jatkamaan.

10) **Opettajat ovat sitoutuneet muutokseen, jos heillä on tunne innovaation omistajuudesta siten, että he ovat esimerkiksi osallistuneet asiaa koskevaan päätöksentekoon ja heillä on riittävät resurssit sen toteuttamiseen.** Koulutuksessa korostetaan opettajan asiantuntijuutta omista lähtökohdistaan käsin tehdä kokeiluja: Hän tuntee oppilaansa ja tietää koulun resurssit. Opettaja on myös omien tutkimustuloksien omistaja ja voi omista nimissään tai nimettömänä antaa kokeilemiaan töitä muiden opettajien käyttöön.



## 4. KEHITTÄMISPROSESSI

Seuraavassa kuvataan kehittämistutkimukseen liittyvä kehittämisprosessi kolmen tapaustutkimuksen avulla.

### 4.1 KOULUTUKSEN KEHITTÄMINEN

Koulutus kehitettiin edellisessä luvussa mainittujen tavoitteiden mukaisesti. Kevätlukukaudella 2011 pidettiin LUMA -keskuksen järjestämä kemian kokeellisen opetuksen koulutus, jonka tärkeimpänä tavoitteena oli edistää tutkimuksellista pedagogiikkaa lukion kemian kokeellisessa opetuksessa. Koulutus koostui lähitapaamisista kahtena lauantaipäivänä ja niiden välillä tapahtuvasta etätyöskentelystä. Kurssin puolivälissä oli viikon kestävä verkkotutorointijakso. Tutkija toimi itse kouluttajana kurssilla ja hän oli kurssilaisten tavoitettavissa koko kurssin ajan joko suljetun Optima-verkkoympäristön (tutkijan luoma ympäristö) kautta tai sähköpostitse. Ensimmäinen lähitapaaminen oli 5.2.2011 ja toinen lähitapaaminen, joka oli samalla kurssin lopetus, pidettiin 21.5.2011. Kurssille osallistui 13 opettajaa. Ennen kurssin alkua heitä oli pyydetty lähettämään oman kokeellisen suosikkityönsä työohje perusteluineen siinä muodossa kuin hän antaa sen opiskelijoille tehtäväksi (ks. osatutkimus 3).

Lähitapaamisten välisenä aikana opettajien tehtävänä oli kokeilla tutkimuksellista lähestymistapaa omassa kokeellisessa opetuksessaan kemian kurseilla ja kertoa/raportoida niistä verkkoympäristön keskustelualueella muille kurssilaisille. Tärkeänä periaatteena oli vertaistuen antaminen ja saaminen. Koulutuksen päämääränä oli tuottaa testattua tutkimuksellista opetusmateriaalia lukion kemian opettajien käyttöön. Muita koulutuksellisia tavoitteita ja sisältöjä olivat verkkopedagogiikka ja tutkimusperustaisuus, uusi tutkimustieto kokeellisesta opetuksesta, toimintatutkimus menetelmänä parantaa ja muuttaa luokkahuonekäytäntöjä ja luonnontieteen luonne.

Opetusmenetelmänä oli interaktiivinen luento, jossa pyrittiin luomaan keskusteleva ja avoin ilmapiiri opettajien kesken ryhmäytymisen ja vertaistuen onnistumiseksi. Kunkin opettajan tilanne on erilainen, koska he työskentelevät eri kouluissa, heillä on eripituinen työkokemus ja kaikilla jo takanaan monenlaista ammatillisen kehittämisen koulutusta. Toisaalta he työskentelevät samassa kaupungissa tai läänissä ja monet tunsivat toisensa jo entuudestaan. Ensimmäisen lähitapaamisen jälkeen kurssilaiset saivat tehtäviä suoritettavakseen kevätlukukauden aikana. Seuraavassa on kuvattu tehtävänannot:

#### **Tehtävänanto 1:**

- a) Laadi oma suosikkityösi viidelle eri SOLO-tasolle. Palauta se Optima-verkkoympäristössä olevaan omaan kansioosi viimeistään verkkotutorointiviikolla 11.
- b) Suunnittele ja toteuta kemian kurssilla työ/tutkimus, jonka työohje on SOLO-taksonomian kvalitatiivisella (suhteellisella tai laajennetulla abstraktilla) tasolla kevään aikana. Tutki ja raportoi toteutus toimintatutkimuksen keinoin. Kerro suunnitelmasi Optimaympäristön juttutuvalla muille kurssilaisille verkkotutorointiviikolla.

## **Tehtävänanto 2:**

Verkkotutorointiviikon tehtävä: Anna palautetta juttutuvalla kahdelle kurssilaiselle heidän SOLO-tehtävästään (kohta a) edellä). Rakenna palautteesi siitä näkökulmasta, kuinka toteuttamiskelpoisena pitäisit sitä itse omalla kurssillasi. Valitse palautteen saajat siten, että kaikki saavat palautetta.

### **4.1.1 Koulutuksen sisältö**

Opettajille esiteltiin tutkimustietoa mielekkästä kemian kokeellisuudesta. Kurssilla käytettiin tutkimuksellisesta työskentelystä taulukossa 5 (s. 23) esitettyä luokittelua, joka perustuu siihen kumpi, opettaja vai oppilas, on vastuussa tutkimuskysymyksen laatimisesta, tutkimusmenetelmien etsimisestä ja tulosten tulkitsemisesta.

Keskeinen koulutuksen sisältö oli SOLO-taksonomia, joka esiteltiin opettajille laadullisena työkaluna, jonka avulla he voivat kehittää tutkimuksellista kokeellisuutta. Opettajien ennakkotehtävänä lähettämien suosikkitoiden analyysin perusteella lähtökohdaksi kurssilla nousi mielekkään kokeellisen tehtävän tunnistaminen. Ensimmäisellä tapaamiskerralla tutkittiin esimerkkejä tyypillisistä kokeellisista töistä, jotka oli esitetty eri SOLO-tasoilla (esimerkiksi titraustehtävä s. 36). Suhteellisella ja laajennetulla abstraktilla tasolla olevat työohjeet ovat myös tutkimuksellisia.

Kolmas aihe oli luonnontieteen luonne (NOS), joka on tärkeä osa luonnontieteellistä yleissivistystä (science literacy). Tutkimuksellisuutta on vaikea ymmärtää irrallaan luonnontieteen luonteesta (Lederman, 2006).

Lisäksi opettajilla oli tilaisuus saada kokemusta tietokoneavusteisesta yhteisöllisestä oppimisesta ja vertaistutoroinnista, jotka antavat uuden näkökulman opetukseen ja oppimiseen osallistujien yhteisen tiedonrakentelun kautta. Toimintatutkimus esiteltiin opettajille menetelmänä suunnitella ja toteuttaa omia kokeiluja koulussa ja reflektoida niitä.

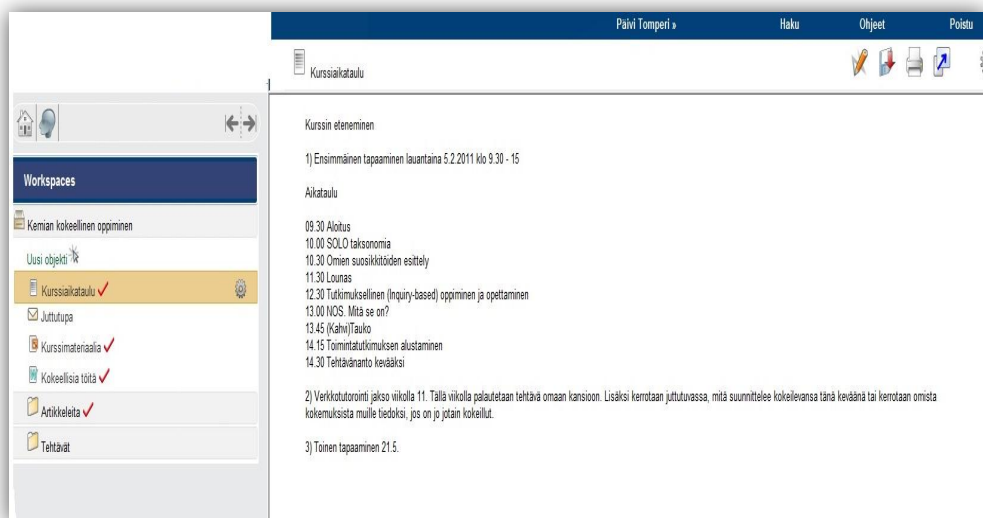
### **4.1.2 Vertaistutorointijakso suljetussa verkkoympäristössä**

Koulutuskurssilla opettajilla oli tilaisuus hankkia kokemuksia myös tietokoneavusteisesta kollaboratiivisesta oppimisesta (CSCL = Computer-supported collaborative learning). Oppimistilannetta kutsutaan kollaboratiiviseksi vain, jos oppijat ovat samantasoisia, he voivat suorittaa samoja toimintoja, heillä on yhteinen tavoite ja he työskentelevät yhdessä. (Dillenbourg, 1999) Tietokone toimii jakamisen alustana ja välineenä, jolla tieto ja asiantuntijuus välittyvät kurssilaisten välillä. Kollaboraatio voidaan nähdä erityisenä vuorovaikutuksen muotona tai osallistumisen prosessina (Lipponen, 2002).

Tehtävänanto ja tiedottaminen toteutettiin Optimassa, jonne jokaiselle kurssilaiselle luotiin Tehtävät -kansioon oma kansio, jonne oppimistehtävä palautettiin. Kursin työtila (workspace) Optimassa oli nimeltään Kemian kokeellinen oppiminen (Kuva 7). Kurssilaisilla oli lukuoikeus toistensa kansioihin ja tavoitteena oli luoda palautekeskustelu opettajien kesken. Muut kouluttajan tekemät yhteiset kansiot työtilassa olivat nimeltään Kurssiaikataulu, Juttutupa, Kurssimateriaalia, Kokeellisia töitä ja Artikkeleita.

Engeström (1992) kuvaa kolmea tekijää, jotka tarvitaan kehittävään vuorovaikutukseen: koordinaatio, kooperaatio ja reflektiivinen kommunikaatio. Koordinaatiovaiheessa kukin toimija keskittyy omaan tehtäväänsä, joka kurssilaisille tulee

tehtävänannon kautta. Yhteistyövaiheessa (kooperaatio) toimijat keskittyvät jaettuun ongelmaan yrittäen löytää erilaisia tapoja käsitteellistää tutkimuksellista lähestymistapaa antaessaan palautetta kahdelle muulle kurssilaiselle heidän viidelle eri SOLO-tasolle laatimastaan työohjeesta. Tässä vaiheessa kouluttaja-tutkijan oletuksena oli saada seurata keskustelua ja osallistua keskusteluun, jossa esiintyy kurssilaisten erilaisia tulkintoja tutkimuksellisesta lähestymistavasta. Reflektiivisen kommunikaation vaiheessa kurssilaiset esittelevät muille juttutuvalla itse suunnittelemansa tutkimuksellisen työn toteutettavaksi kemian kurssilla. Se voi olla jo valmiiksi työstetty suosikkityö tai jokin muu työ, riippuen millä kemian kurssilla heillä on mahdollisuus toteuttaa suunnitelmansa omassa koulussaan kevään aikana. Tässä prosessissa, kun osallistuja työstää suunnitelmaa sen pohjalta, mitä on saanut palautetta oman tehtävän suorituksesta muilta kurssilaisilta ja itse antanut palautetta muille, voisi tapahtua Engeströmin mukaan uudelleen käsitteellistäminen siitä, mitä tutkimuksellinen lähestymistapa tarkoittaa. Vaikka Engeström kutsuu toista vaihetta kooperaatioksi, kyse on Lipposen (2002) mukaan kollaboraatiosta.



**Kuva 7** Näkymä suljetun Optima -verkkoympäristön työtilassa

#### 4.1.3 Opettajien laatima materiaali

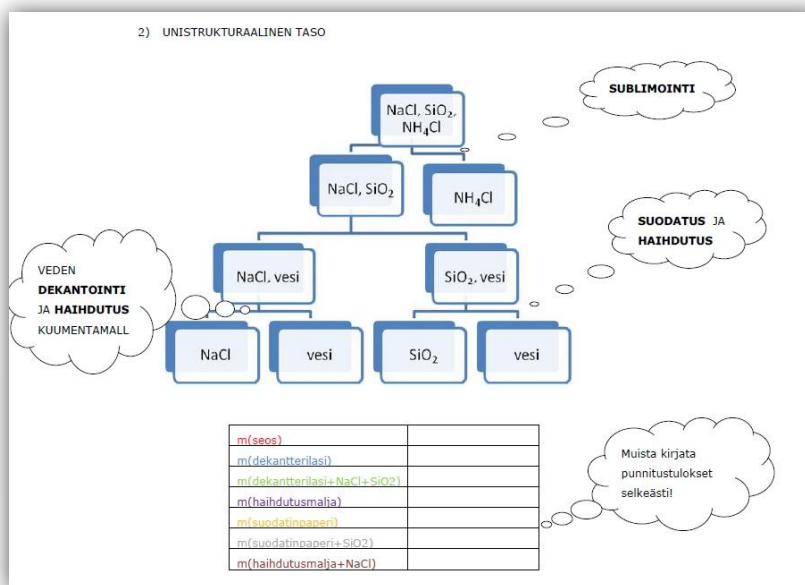
Ennen kurssin alkua kurssilaiset lähettivät ennakkotehtävänä kouluttajalle oman kokeellisen suosikkityönsä työohjeen siinä muodossa kuin he antavat sen opiskelijoille tehtäväksi. Opettajien valitsemat työt on esitelty ja analysoitu luvussa 3.2.3 sivulla 54. Ensimmäisenä tehtävänä osallistujat harjoittelivat SOLO-taksonomiaa laatimalla oman suosikkityönsä (tai halutessaan jokin muun työn) viidelle eri SOLO-tasolle. Tärkeänä tavoitteena oli tuottaa opettajien itsensä laatimia ja testaamia tutkimuksellisia työohjeita muiden lukion kemian opettajien käyttöön. Viimeisellä tapaamiskerralla tarkoituksena oli työstää kokeilluista työohjeista lopullinen versio, jotka voitaisiin koota verkkoon. Itsenäisen kokeilun vähäisyyden vuoksi työohjeita ei julkaistu verkossa vaan sen sijaan viimeisellä tapaamiskerralla kouluttaja antoi palautetta suullisesti sekä juttutuvassa

jaetuista kokeiluista että suosikkitoista ja ryhmä pohti yhdessä, miten kunkin suosikkityön voisi ”tuunata” edelleen tutkimukselliseksi.

Seuraavaksi tarkastellaan, kuinka opettajat muokkasivat ensimmäisenä oppimistehtäväänsä työohjeita viidelle eri SOLO-tasolle.

#### 4.1.3.1 Opettaja 1: Seoksen erotusmenetelmät ja massaprosenttinen koostumus

Opettaja 1 laati työn ”Seoksen erotusmenetelmät ja massaprosenttinen koostumus” viidelle SOLO-tasolle. Alkuperäinen multistruktuurisella tasolla oleva työohje löytyy Otavan Mooli KE1 oppikirjasta (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2004, 154). Oppikirjan työohjeen mukaisesti tehtävä työ ei ole tutkimuksellinen, koska opettaja antaa tutkittavan aiheen, tutkimusmenetelmän ja lopussa oikean vastauksen. Kuvassa 8 on osa opettajan laatimaa unistrukturaalista työohjetta: Oppilaille annetaan kuvan erotuskaavion ja täydennettävän taulukon lisäksi numeroidut työvaiheet valmiina. Ammoniumkloridin massaprosenttinen koostumus on laskettu malliksi ja oppilaiden tehtävänä on laskea natriumkloridin ja piidioksidin massaprosenttiset osuudet.



**Kuva 8** Osa Opettaja 1:n laatimaa unistruktuurisen SOLO-tason työohjetta

Prestruktuurinen taso poikkeaa unistruktuurisesta siten, että siinä oli ainoastaan kahden aineen (NaCl + SiO<sub>2</sub>) seos ja kaavat massaprosenttisten koostumusten laskemiseksi valmiina lukujen sijoitusta varten. Multistruktuurinen taso poikkeaa unistruktuurisesta siten, että taulukko on puoleksi täytetty (kolme ensimmäistä taulukon kohtaa kuvassa 8) ja oppilaan pitää keksiä itse, että myös haihdutusmalja, suodatinpaperi, suodatinpaperi + SiO<sub>2</sub> sekä haihdutusmalja + NaCl pitää punnita tuloksen laskemiseksi. Lisäksi oppilaan pitää osata laskea massaprosenttiset osuudet ilman valmiita kaavoja.

Suhteellisella tasolla kuvan 8 mukainen erotuskaavio on annettu ilman puhekuplissa olevia ohjeita. Tehtävänanto on seuraava:

”1) Määritä kolmen aineen ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{SiO}_2$ ) seoksen massaprosenttinen koostumus oheisen kaavion osoittamalla tavalla ja vertaa saamiasi arvoja opettajan ilmoittamiin arvoihin. Suunnittele työ huolella ja tee taulukko, johon etukäteen merkitset, mitä sinun tulee työssä punnita. 2) Merkkää kaavioon käyttämäsi erotusmenetelmät. 3) Miksi lisätyn veden määrä kannattaa minimoida?”

Koska kaavio on annettu valmiina, oppilaiden tarvitsee keksiä ensin, mikä erotusmenetelmä on kyseessä eri vaiheissa kaaviota. Käytännön suorituksen suunnitteleminen nostaa ohjeen suhteelliselle tasolle.

Laajennetulla abstraktilla tasolla työohje on lyhyesti: ”Määritä kolmen aineen seoksen ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{SiO}_2$ ) massaprosenttinen koostumus.” Oppilaat laativat erotuskaavion ja suunnittelevat käytännön suorituksen itse. Tehtävänanto on kuitenkin edelleen suhteellisella tasolla, sillä kyseiset erotusmenetelmät ovat todennäköisesti tuttuja oppilaille: ne voivat olla tuttuja jo peruskoulun kemiasta, opettaja on alustanut niistä ennen työn suoritusta tai oppikirjasta löytyy aiheesta tietoa. Koska opettaja on antanut tutkimusaiheen, mutta ei tutkimusmenetelmiä, kyseessä on ohjattu tutkimuksellinen lähestymistapa.

Jotta suhteelliselta tasolta olisi mahdollisuus edetä laajennetulle abstraktille tasolle, tarvitaan asia, joka kurottaa yli luennon ja oppikirjan antaman tiedon uuteen kontekstiin. Esimerkiksi (kaikkia) seoksen komponentteja ei olisi kerrottu vaan osa löytyisi spektrianalyysin kautta, jolloin opiskelijat joutuisivat tutustumaan johonkin kemian analyysimenetelmään. Suhteellisen tason työohjeeseen voidaan myös liittää tutkimusaihe, joka liittyy jo suoritettuun kokeelliseen työskentelyyn ja jatkaa siitä eteenpäin mahdollista etenemisen laajennetulle abstraktille tasolle, esimerkiksi ”Kuinka käyttämäsi erotusmenetelmä toimii, jos seoksessa on mukana bentsoehappoa? Avoin (teoreettinen) työ voisi olla seoksen komponenttien erottaminen, jossa oppilaat valitsevat komponentit itse.

#### 4.1.3.2 Opettaja 2: Sähköä hedelmistä

Opettaja 2 työsti sähkökemiallisen tutkimuksen työohjeen ”Sähköä hedelmistä” viidelle SOLO-tasolle. Lähteeksi hän antoi <http://www.hoksaa.net/hedelmäpatteri.html>. Työohjeen alkuosa on samanlainen neljällä ensimmäisellä SOLO-tasolla (Kuva 9). Opiskelijoiden tehtävänä on kiinnittää johtimien päät sähköllä toimivaan kelloon ja katsoa, toimiiko se. Opettajan laatima prestruktuurinen työohje on itse asiassa unistruktuurinen ja unistruktuurinen työohje on prestruktuurinen. Laatimassaan unistruktuurisessa ohjeessa hän ohjeistaa käyttämään kahta eri metallia, kun taas prestruktuurisessa työohjeessa asia ei tule ilmi lainkaan: oppilas voi valita kaksi samaa metallia ja siten ”joutua” pohtimaan asiaa eikä kaikki tieto tule valmiina.

Multistruktuurisella tasolla on useita erilaisia tehtäviä: ”Havainnoi, milloin lamppu palaa kirkkaimmin. Miksi? Kokeile kaikki mahdolliset vaihtoehdot. Onko eri metalleilla tai hedelmillä merkitystä?” Miksi - kysymys voi mahdollisesti nostaa tehtävän suhteelliselle tasolle riippuen vaadittavan vastauksen laadusta: jos vastaus pitää perustella käyttäen metallien jännitesarjaa, oppilas voi nähdä, mikä yhteys on metallien keskinäisellä sijainnilla jännitesarjassa ja valon kirkkauden välillä ja rakentaa selityksen sen pohjalta.

Opettajan laatiman suhteellisen tason tehtävänantona on mitata erilaisten hedelmäpatterien jännitteet ja sen jälkeen järjestettävä patterit kasvavan lähdejännitteen

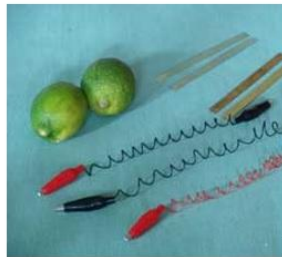
mukaiseen järjestykseen. Tehtävässä ei pyydetä perustelemaan järjestystä vaan on asetettava järjestys mittaustulosten perusteella. Tämä ei vielä nosta tehtävää suhteelliselle tasolle. Sen saavuttamiseksi olisi esimerkiksi pyydettävä vertaamaan omaa ehdotusta teoreettisesti saatavaan järjestykseen.

#### Sähköä hedelmistä

Sähköä hedelmistä? Tarvitset omaan paristoon hedelmien lisäksi vain johtimia sekä sinkki- ja kuparinauloja että magnesiumnauhaa.

Hedelmäparitti toimii samalla periaatteella kuin [Voltan paristo](#).

Hedelmäparistossa sähköä johtavana nesteinä eli elektrolyytinä toimii hedelmän happo.



**Tarvikkeet:** hedelmiä tai perunoita

- johtimia
- kuparinauloja tai -liuskoja
- sinkkinauloja tai -liuskoja
- magnesiumnauhaa
- LED, kello, kuulokkeet tai jokin muu herkkä sähkölaite

#### Kuva 9 Opettaja 2:n työohjeiden alkuosa SOLO-tasoilla 1- 4

Opettajan laajennetun abstraktin tason tehtävässä pitää suunnitella, kuinka yksi muuttuja vaikuttaa hedelmäparistosta saatavaan lähdejännitteeseen (Kuva 10). Tehtävänannossa kerrotaan lyhyesti, mitä ovat riippuvat, riippumattomat ja kontrolloidut muuttujat ja ohjataan työn suoritusta kohdilla, jotka oppijan tulee täyttää. Tällä opettajalla on kokemusta työskentelystä IB -lukiossa. Työ on ohjattu tason 2 tutkimuksellinen tehtävä (Taulukko 5 s. 23), jossa opettaja antaa tutkimusaiheen, mutta oppilaat suunnittelevat tutkimusmenetelmän ja tulkitsevat tulokset.

Optiman Juttutuvassa Opettaja 2 kertoi, että hän aikoo toteuttaa työohjeen suhteellisella tasolla kemian kurssilla. Suorituksen jälkeen hän kertoi kokemuksestaan seuraavasti:

*4. tason työssä (hedelmäparisto) oppilaiden tarkoituksena oli tutkia, kuinka erilaiset muuttujat vaikuttavat sähkökemiallisesta parista saatavaan jännitteeseen (eri metallit parit, eri hedelmät/juurekset). Tietenkin olisin voinut antaa oppilaiden tutkia myös muuttujia, mutta meillä on vain noin 75 minuuttia varattuna yhteen laboratoriotuntiin. Oppilaat onnistuivat suorittamaan mittaukset tässä työssä todella hyvin. He toimivat hyvin omatoimisesti. Pitemmälle edistyneet oppilaat ehtivät tutkia aika monta vaihtoehtoista hedelmäparistoa. Lisäksi oppilaat tuntuivat nauttivan hieman vapaammasta työohjeesta.*

*Sellaisesta, joka sallii oman kokeilun. Kuitenkin siten, että pidetään mielessä työturvallisuus. Liitteenä on yksi oppilaan raportti.*

Opettaja 2 laittoi kansioonsa omatoimisesti opiskelijan raportin muiden kurssilaisten nähtäville. Hänen viestistään näkyy, että hän oli tyytyväinen oppilaiden suoritukseen. Myös oppilas antaa raportissaan myönteisen kommentin työn suorittamisesta:

*”Työ oli helppo ja mukava tehdä. Läpi työn myös ajatus työn ideasta pysyi mukana, kun monesti kemian laboratoriossa ei ajatus teoreettiselta kannalta pysy mukana. Oli helppo vertailla normaalipotentialiaaleja toteutuviin jännitteisiin.”*

**Avoin suunnittelulaboratoriotyö: Suunnittele, kuinka yksi muuttuja vaikuttaa hedelmäparistosta saatavaan lähdejännitteeseen.**

**Työ tarkoitus:**

**Tutkimuskysymys:**

**Hypoteesi:**

**Muuttujat:**

**Riippuva muuttuja (muuttuja, jota mitataan):**

**Riippumaton muuttuja (muuttuja, jota sinä hallitusti muutat):**

**Kontrolloitavat muuttujat:**

**Tarvikkeet/kemikaalit:**

**Työohje:**

**Kuinka aiot kontrolloida eri muuttujia?**

**Mittaustulokset:**

**Tulosten käsittely:**

**Johtopäätökset/Pohdintaa:**

**Lähteet/Viitteet:**

**Kuva 10** Opettaja 2:n työohje laajennetulla abstraktilla SOLO-tasolla

#### 4.1.3.3 Opettaja 3: Kemiaallinen yhdiste

Opettaja 3 laati työohjeen ”Kemiaallinen yhdiste” viidelle SOLO-tasolle. Työssä verrataan kolmen kiinteän aineen ominaisuuksia ja niiden perusteella luokitellaan aineet eri yhdistetyyppeihin. Prestruktuurisella tasolla on ohjeistettu tarkasti, kuinka liukoisuus veteen, sähkönjohtokyky ja lämmönjohtavuus tutkitaan. Työn lopussa on tehtävä, jossa pitää päätellä tulosten perusteella aineiden yhdistetyypin valmiiksi annettun taulukon tietojen perusteella. Se nostaa tehtävän unistruktuuriselle tasolle. Aidosti prestruktuurisessa tehtävässä annettaisiin lopuksi oikea vastaus valmiina. Opettajan laatimassa unistruktuurisessa tehtävässä on lisäksi kysymys: Miksi näytteistä osa liukenee veteen ja osa ei liukene? Jos vastaukseksi riittää esimerkiksi ”samanlainen liuottaa samanlaista”,

olla edelleen unistruktuurisella tasolla, mutta jos edellytetään kokeen tuloksen ja aineen kemiallisen rakenteen välisen yhteyden näkemistä, tehtävä nousee helposti suhteelliselle tasolle.

Multistruktuurisella tasolla tehtävänannossa tutkitaan aineen liukoisuutta veteen (ei enää nimetä liuotinta pooliseksi, kuten kahdella edellisellä tasolla) ja kysytään, miksi osa näytteistä liukenee veteen ja osa ei. Lämmönkestävyyskohdassa kysytään lisäksi, minkä nimiset sidokset rikkoutuvat, kun aine muuttaa olomuotoaan. Lopuksi pitää päätellä tulosten perusteella tutkittavien aineiden yhdistetyyppi, mutta koska valmista taulukkoa kiinteiden aineiden ominaisuuksista ei ole annettu valmiina, opiskelija joutuu kokoamaan sen itse oppikirjan tai muun lähteen avulla, ja selvittäessään, kuinka hänen mittaustuloksista saamansa tieto liittyy aineiden ominaisuuksiin, tehtävä nousee suhteelliselle tasolle.

Opettajan laatimassa suhteellisen tason tehtävässä ei ole annettu yksityiskohtaisia ohjeita veteen liukenemisen ja lämmön kestävyys tutkimuksiin vaan on johdateltu apukysymyksillä opiskelijaa suunnittelemaan tutkimus. Myös sähköjohtokyvyn mittausta on laajennettu kysymyksillä. Lopputulokset täytyy päätellä itse ilman valmiin taulukon apua kuten multistrukturaalisessa työssä.

Opettajan laatiman laajennetun abstraktin työohjeen taso on edelleen suhteellisella tasolla. Tehtävänanto on hyvin yleisellä tasolla eikä sähköjohtavuudessa ole enää kuvaa malliksi kytkennästä. Lisänä on ennakkotehtävä apukysymyksineen, jossa pitää etukäteen suunnitella liukoisuuskoe ja lämmönkestävyyskoe valmiiksi, jotta opiskelijat pääsevät työn suoritusvaiheeseen nopeammin oppitunnilla. Laaditun työohjeen voisi ulottaa laajennetulle abstraktille tasolle esimerkiksi teoreettisten lisätutkimusten avulla: ”Vertaile tutkimiesi yhdisteiden ominaisuuksia keraamien ja/tai komposiittien vastaaviin ominaisuuksiin”. Opiskelija joutuu tällöin tutkimaan, mitä keraamit ja komposiitit ovat.

#### 4.1.3.4 Opettaja 4: Titraus

Opettaja 4 laati työohjeen ”Titraus” viidelle SOLO-tasolle. Kuvassa 11 on hänen ehdotuksensa prestruktuurisen tason työohjeeksi. Opettaja kommentoi alussa, että työ suoritetaan KE5 kurssilla (Reaktiot ja tasapaino), kun oppilailla ei vielä ole titrauskokemusta. Silloin tarvitaan yksityiskohtainen ohje, jotta oppilaat oppivat titraamaan. Työohje on kuitenkin jo multistruktuurisella tasolla, sillä lopussa oppilaiden tehtävänä on nettoreaktioyhtälön kirjoittaminen ja etikkahapon konsentraation ja massaprosenttisuuden laskeminen. Näiden osaamista voidaan perustellusti jo edellyttää viidennen kemian kurssin opiskelijoilta.

Opettajan laatiman multistruktuurisen tason tehtävänä on myös tuntemattoman hapon moolimassan määrittäminen. Muuta ohjeita ei anneta kuin että ”Käytettävissäsi ovat seuraavat reagenssit ja tavalliset laboratoriovälineet: noin 1,0 M NaOH-liuos, tiedetyn konsentraatioista oksaalihappoliuosta, tislattua vettä, indikaattoreita.” Opettaja toteaa työohjeen lopussa: *”Tässä työssä joutuu miettimään titrauksen perusteita, mutta apua saa kirjan laboratoriotyöosuudesta. Annetut reagenssit ohjaavat oikeaan työtapaan.”* Koska tehtävässä täytyy itse suunnitella työn suoritus, ollaan jo suhteellisen tason tehtävässä. Toisaalta, jos oppikirjasta löytyvää suoraan sovellettavaa mallia käytetään apuna mittaliuoksen tarkistamiseen ja näytteen titraamiseen, suoritus on edelleen multistruktuurisella tasolla.



## 1. PRESTRUKTURAALINEN TASO

### Happo-emästitys

Työ suoritetaan kemia 5 kurssilla, kun oppilaille ei ole vielä titrauskokemusta. Ohjeeksi annetaan seuraava työohje sekä taululla kuvia byretin mitta-asteikon lukemisesta, näytteen ottamisesta mittapipetillä sekä koejärjestelystä.

### Työn suoritus

1. Täytä byretti natriumhydroksidin standardiliuoksella, jonka konsentraation on \_\_\_\_\_M.
2. Mittaa 25 ml näyte etikkahappoa erilenmeyerkolviin ja lisää noin 30 ml tislattua vettä.
3. Lisää näytteeseen 3-4 tippaa fenoliftaleiinia.
4. Titraa näyte NaOH-liuoksella. Titrauksen edetessä huomaat fenoliftaleiinin punaisen värin ilmestyvän ja häviävän sekoitettaessa. Kun lähestytään ekvivalenttikohtaa, punainen väri pysyy yhä kauemmin. Lisää tässä vaiheessa NaOH-liuosta tipottain. Lopeta titraus, kun vaaleanpunainen väri säilyy. Lue byretistä NaOH-liuoksen kulutus ja kirjaa se vihkoosi.
5. Toista vaiheet 2-4.
6. Kirjoita nettoreaktioyhtälö ja laske etikkahapon konsentraatio sekä massaprosenttisuus.

Tämä työ on mielestäni toiminut hyvin suhteellisen nopeana työnä kemia 5 kurssilla. Oppilaat saavat tuntea titrauksen ja välineistön. Samalla kokeellisen kautta päästään laskuihin ja teoriaan.

**Kuva 11 Opettaja 4:n ehdotus titrauksesta prestruktuurisella SOLO-tasolla**

Opettajan suhteellisella tasolla kuvattu työ on selkeästi tutkimustehtävä, jota opettaja aikoo kokeilla työkurssilla (Kuva 12). Koska oppilaiden tehtävänä on suunnitella tutkimusmenetelmä ja tulkita tulokset, kyseessä on ohjattu tutkimuksellinen lähestymistapa.

Laajennetun abstraktin tason tehtävänä on ”Kivennäisveden kloridipitoisuuden määrittäminen”, joka oli jo esimerkkinä laajennetun abstraktin tason tehtävästä ensimmäisen tapaamispäivän alustuksessa (Kuva 4 s. 36).

### **4.1.3.5 Opettaja 5: Eri työohje kullekin SOLO-tasolle**

Opettaja 5 oli tulkinut tehtävänannon siten, että yhden kokeellisen työn sijasta hän oli valinnut ja työstänyt eri töitä eri SOLO-tasolle. Hän ilmoitti Juttutuvassa seuraavaa:

*”Palautin kansioon muutamia töitä eri SOLO -tasolle, ehkä ymmärsin väärin kun otin eri työn eri tasolle kun näyttää että on tullut suunnitelmia samasta työstä eri tasolla. Mutta en alkanut tekemään enää uudelleen.. Mukana on myös pohdintaa kahdesta ensimmäisestä tasosta, tein nämä työt oppilasryhmän kanssa. Antakaahan palautetta, miten voisin parantaa työohjeita...”*

Prestruktuurisen tason työnä opettaja esittää työohjetta ”Erilaisia ominaisuuksia, erilaisia sidoksia”, joka löytyy Mooli 2 oppikirjasta (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2005, 124). Hänen mukaansa työ on osittain suoraa lainausta, osittain hieman muokattu alkuperäisestä työohjeesta. Alkuperäinen työohje on suhteellisella SOLO-tasolla ja se edustaa jäsennehtyä tutkimuksellisuutta, jossa tulosten tulkitseminen on opiskelijan vastuulla (Taulukko 5 s. 23). Opettajan muokkaamassa työohjeessa on neljä eri osaa (lämmönkestävyys, liukoisuus veteen, liukoisuus heksaaniin ja sähkönjohtokyky mittaus) ja jokainen työpari tekee yhden osan. Tutkittavat aineet ovat ruokasuola, sakkaroosi ja steariinihappo. Työohjeet on annettu yksityiskohtaisesti ja lopussa kaikkien ryhmien tulokset kootaan samaan taulukkoon.

Sähkönjohtokykymittauksessa tehtävänä on rakentaa jännitelähteestä, virtamittarista ja johtimista avoin virtapiiri ilman kuvaa kytkennästä, joten tältä osin työohje on unistruktuurinen. Taulukon kokoamisen jälkeen tehtävänä on päätellä hilarakenne ja sidostyyppit tulosten perusteella. Lopuksi pitää luokitella yhdisteet eri yhdisteryhmiin niiden hilatyyppin mukaan. Päättelytehtävä edustaa jo suhteellista tasoa.

Toisaalta, kun opettaja raportoi kokeilusta, ilmeni, että työn suoritus on tehty opettajajohtoisesti: *”Johtopäätökset saatiin tehtyä opettajan ohjaamana molekyylien välisten sidosten kertaamisen jälkeen”*. Sen perusteella tehtävän suoritus on siten voinut toteutua jollain kvantitatiivisella SOLO-tasolla.

Opettajan unistruktuurisen tason työ on jatkoa edelliseen tehtävään. Tehtävä on nyt rakennettu ongelmanratkaisun muotoon: Opiskelijoiden tehtävänä on tunnistaa kahdesta näytteestä 1) KCl ja fruktoosi, 2) KCl ja steariinihappo, 3) fruktoosi ja steariinihappo ja 4) vesi ja NaOH. Opiskelijat valitsevat prestruktuurisen tason työn yhteydessä käytetyistä menetelmistä yhden, jolla ratkaisevat ongelman. Koska tutkimusmenetelmät ovat tuttuja, opiskelijat pystyvät toimimaan itsenäisesti. Työ edustaa jo ohjattua tutkimuksellista kokeellisuutta, koska opiskelijat valitsevat tutkimusmenetelmän ja tulkitsevat tulokset itse.

Multistruktuurisen tason työksi opettaja on valinnut työn nimeltään ”Kidevedellisen suolan kaavan määrittäminen”, jota on muokattu edelleen Mooli 2 oppikirjan työstä (s.129). Tehtävänanto on seuraava:

#### 4. SUHTEELLINEN TASO

##### Tutkimustehtävä

Saat tutkittavaksi heikon, monoproottisen hapon vesiliuoksen, jonka (alku)konsentraatiota ei tunneta.

Käytettävissäsi on happo-emästitraukseen tarvittavat välineet ja reagenssit sekä pH-mittari.

Suunnittele koejärjestelyt heikon hapon happovakion  $K_a$  määrittämiseksi.

Tutkimussuunnitelma tulee tehdä erilliselle paperille ja palauttaa opettajalle viimeistään\_\_\_\_\_.

Tutkimussuunnitelmasta tulee käydä ilmi seuraavat asiat:

- mitä suureita pitää mitata perusteluineen
- menetelmät, joilla  $K_a$ :n laskemiseksi tarvittavat suureet mitataan
- tarvittavat mittavälineet ja liuokset
- jätteiden käsittely

##### Työn suoritus

Tutki opettajan tarkastaman työohjeen mukaisesti opettajan sinulle antama tuntemattoman hapon näyte. Määritä happovakion arvo ja tunnista happo.

*Tämä työ on tarkoitus kokeilla ensi jakson aikana työkurssilla.*

**Kuva 12** Opettaja 4:n suhteellisen SOLO-tason tutkimuksellinen työohje

*Aiemmin on opittu, mitä kidevedellinen suola tarkoittaa. Lisäksi on opeteltu suhdekaavojen muodostaminen. Työssä täytyy osata laskea massan avulla ainemäärä ja sen avulla päätellä, miten selvitetään kideveden kerroin kuparisulfaatin kaavassa.*

*Saat näytteen, joka sisältään tarkasti punnittuna noin 0,50g kidevedellistä kuparisulfaattia  $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ . (Laita massa itsellesi muistiin). Kideveden voi erottaa kuparisulfaatista kuumentamalla näytettä. Suunnittele koejärjestely, jonka avulla saat selville näytteessä olevan kideveden massan. Selvitä vielä, mikä on näytteessä olevan kideveden ainemäärä ja mikä kaavassa  $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$  on kerroin  $x$ . Hyväksytty suunnitelma opettajalla ennen työn tekemistä.*

Työohjeessa on ohjeistettu, että kidevesi saadaan poistettua kuumentamalla näytettä mutta koska opiskelijoiden täytyy itse suunnitella koejärjestely eri vaiheineen, tehtävänanto on suhteellisella tasolla.

Opettajan laatiman suhteellisen SOLO-tason työohje on nimeltään ”Reaktionopeuteen vaikuttavia tekijöitä”. Alkuperäinen työohje löytyy Mooli 3 oppikirjasta (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2005, 135), jossa se on suhteellisella SOLO-tasolla. Työohje edustaa ohjattua tason 2 tutkimuksellisuutta (Taulukko 5 s. 23). Opettajan muokkaamassa työohjeessa opetusryhmä jaetaan neljään ryhmään, joista jokainen tekee eri tutkimuksen. Kaikki ryhmät laativat työsuunnitelman, josta käy ilmi tarvittavat työvälineet, suoritusvaiheet, miten reaktionopeuden mittausta tapahtuu ja työturvallisuustekijät. Tehtävänannoissa eri ryhmille käytetään tutkia-verbiä ja tulokset pitää esittää kaavion tai kuvaajan muodossa. Ryhmät tekevät eri tutkimuksia ja lopussa raportoivat tulokset muille ryhmille. Työ on edelleen ohjattu tutkimuksellinen tehtävä. Työn lopussa on syventäviä pohdintakysymyksiä tutkimukseen liittyen. Kysymys ”Keksitkö tekijöitä, joita arkielämässä käytetään hidastamaan reaktiota tai nopeuttamaan sitä (esimerkiksi ruuanlaitto)?” voi jo ohjata opiskelijoita laajennetulle abstraktille SOLO-tasolle heidän pohdintoissaan.

Opettajan ehdotus laajennetun abstraktin SOLO-tason tehtäväksi on suolaliuosten tunnistamistyö. Työohjetta on muokattu Mooli 3 oppikirjan työstä numero 4 (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2005, 120). Tehtävänanto on seuraava:

*Saat 5 koeputkea, joissa on näyteliuokset  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ . Tunnista liuokset. Voit käyttää näyteliuosten lisäksi muita reagensseja sekä saatavilla olevia laboratoriovälineitä. Tee tutkimussuunnitelma ja esitä se opettajalle ennen työn suoritusta.*

Opettaja kommentoi, että työtä varten opiskelijoiden täytyisi muistaa, millaisia ionien tunnistusmenetelmiä on jo käytetty aiemmin: liekkikokeet, saostuskokeet, pH-arvon tutkiminen, kaasunmuodostusreaktio jne. Koska tunnistusmenetelmät ovat opiskelijoille tuttuja, työ on edelleen suhteellisella tasolla. Tehtävää voisi muokata laajennetulle abstraktille tasolle esimerkiksi ottamalla mukaan jokin opiskelijoille uusi analyysimenetelmä, jonka tuloksia voisi hyödyntää näyteliuoksien tunnistamisessa tai antamalla tehtäväksi selvittää jonkun näyteliuoksena olevan yhdisteen valmistusmenetelmä tai käyttötarkoitus, jos se ei ole tuttu eikä tietoa löydy oppikirjasta.

#### 4.1.3.6 Opettaja 11: Entalpiamuutos ja Hessin laki

Opettaja 11 oli laatinut työohjeen ”Entalpiamuutos ja Hessin laki” viidelle SOLO-tasolle. Työssä määritetään kokeellisesti entalpiamuutos reaktiolle, jossa natriumvetykarbonaatti hajoaa natriumkarbonaatiksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi. Työ on pitkä ja opettajan prestruktuurisen tason työohjeessa on 14 numeroitua työvaihetta. Kaavat on annettu valmiina, joten opiskelijan tehtäväksi jää sijoittaa luvut kaavoihin ja laskea lopputulos. Teoria on selitetty ja koejärjestelyn suoritusta varten on kuva mallina. Opiskelijan on helppo seurata yksityiskohtaista ja perusteellista ohjeistusta.

Opettajan laatiman unistruktuurisen tason työohje on samanlainen vaiheissa 1-10 prestruktuurisen ohjeen kanssa mutta entalpiamuutosten laskemisen jälkeen kohtiin 11 ja 14 on molempiin lisätty kysymykset ”Onko kysymyksessä endo- vai eksotermisen reaktio?” ja annettu tehtävät ”Piirrä reaktiolle energiakaavio”. Prestruktuurisella tasolla vastaavassa kohdassa on selitetty endo- ja eksotermisen reaktion käsitteet, jolloin opiskelijan on mittaustuloksen perusteella helppo päätellä, kumpi reaktio on kyseessä. Energiakaaviota ei esitetä prestruktuurisen tason työohjeessa. Koska työ esittää kysymyksen opiskelijoiden pohdittavaksi, opettajan laatima prestruktuurinen tehtävä on jo unistruktuurisella SOLO-tasolla ja opettajan unistruktuurisen tason työohje on puolestaan jo multistruktuurisella SOLO-tasolla.

Opettajan laatiman multistruktuurisen SOLO-tason työohjeessa ovat vaiheet 1-8 samanlaisia kuin prestruktuurisessa työohjeessa, mutta kaavoja entalpiamuutoksen laskemiseksi ei ole annettu enää valmiina. Tehtävät ovat: ”Laske, kuinka suuri on reaktiossa (2) entalpiamuutos yhtä  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -moolia kohden. Onko reaktio ekso- vai endotermisen? Laske, kuinka suuri on reaktiossa (3) entalpiamuutos yhtä  $\text{NaHCO}_3$ -moolia kohden. Onko reaktio ekso- vai endotermisen? Laske, kuinka suuri on natriumvetykarbonaatin hajoamisreaktion entalpiamuutos.”

Suhteellisen tason työohjeen teoriaosuudessa ei ole johdettu valmiiksi yhtälöä Hessin lain avulla vaan opiskelijan täytyy joko osata se jo itse tai opetella se laskemaan tässä vaiheessa. Työn suoritusvaiheet 1-8 on annettu valmiina kuten prestruktuurisessa ohjeessa ja tulosten käsittelyssä tehtävänanto on samanlainen kuin multistruktuurisella tasolla. Työohje tällaisenaan ei nouse vielä suhteelliselle tasolle. Sen sijaan, että entalpiamuutoksen määrittäminen ohjeistetaan, opiskelijoiden tulisi suhteellisella tasolla itse miettiä, kuinka entalpiamuutoksen määrittäminen kokeellisesti tehdään.

Opettajan laajennetun abstraktin tason tehtävänä on ”Magnesiumin palamislämmön määrittäminen”. Lisäksi on annettu määrittämisessä tarvittavat välineet ja aineet, joita ovat suolahappo, magnesiumlastut, magnesiumoksidi sekä tiedoksi reaktiosta on vielä annettu,  $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{l})$   $\Delta H = -285,8 \text{ kJ}$  ja magnesiumin palamislämmön kirjallisuusarvo  $-602 \text{ kJ}$ . Tämä viimeiseksi annettu tieto pyrkii ohjaamaan siihen, että opiskelijat eivät määritä vain magnesiumlastujen palamisessa tapahtuvaa entalpiamuutosta. Toinen asia on, ymmärtävätkö he miksi niin ei kannata tehdä. Jotta tehtävä onnistuisi tällä tasolla, opiskelijoiden täytyy tuntea Hessin laki hyvin. Jos antaa tehtäväksi määrittäminen suunnittelun, on hyvä tietää, että internetistä hakusanalla ”magnesiumin palamislämmön määrittäminen” (suomeksi tai englanniksi) löytyy useita sivustoja, kuten esimerkiksi Kemian perustutkimuksia (Lavonen, Meisalo et al.), joissa on yksityiskohtainen työohje laskutoimituksineen valmiina.

Toinen vaihtoehto voisi olla, että opiskelijat saisivat valmiina tutkittavakseen jonkun prestruktuurisen SOLO-tason työohjeen, jossa hyödynnetään Hessin lakia

entalpiamuutoksen määrittämisessä tietyille reaktioille, esimerkiksi kyseiselle natriumvetykarbonaatin hajoamiselle natriumkarbonaatiksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi, ja sen ohjeen pohjalta heidän tulisi suunnitella määrittämenetelmä jollekin toiselle reaktiolle, kuten magnesiumin palamisreaktiolle. Työstä voisi kehitellä edelleen tutkimuksellisen laajennetulla abstraktilla tasolla esimerkiksi antamalla tehtäväksi määrittää magnesiumin palamislämmön sekä suoraan että epäsuorasti Hessin lakia hyödyntäen ja verrata niiden molempien antamia tuloksia.

#### **4.1.3.7 Yhteenveto opettajien laatimista työohjeista eri SOLO-tasaille**

Opettajien laatimista työohjeista eri SOLO-tasaille näkyy, että vaikka he onnistuivat hyvin, tehtävä ei ollut helppo ja eri tasojen väliset erot olivat vielä tässä vaiheessa epäselviä. Työohjeen analysointi teorian näkökulmasta oli uusi asia. Opettajien peruskoulutuksesta oli kaikilla aikaa useita vuosia. Kuudella opettajalla oli kuitenkin työohjeet laadittu jo sekä kvantitatiiviselle että kvalitatiiviselle SOLO-tasolle. Käytännössä voi riittää, jos työohjeesta on käytettävissä kaksi vaihtoehtoa: toinen jollain kvantitatiivisella tasolla (pre-, uni- tai multistruktuurinen) oleva suljettu työohje ja toinen kvalitatiivisella tasolla (suhteellinen tai laajennettu abstrakti) oleva tutkimuksellinen työohje. Kuitenkin työohjeen SOLO-taso on hyvä tunnistaa ennen sen muuttamista, jolloin on helpompi pyrkiä tietylle tasolle tai toteuttaa siirtymä tasolta seuraavalle opetuksen tavoitteiden mukaisesti. Koska oppikirjojen työohjeet ovat usein multistruktuurisia (Tomperi & Aksela, 2009), oppilailla on yleensä kokemuksia sen tasoisesta työskentelystä, joten siirtyminen suhteellisen SOLO-tason tehtävänantoon on usein looginen seuraava tavoite.

Yleisesti voidaan todeta, että SOLO-taksonomia sopii teoreettiseksi viitekehykseksi kokeellisille työohjeille tutkimuksellisesta kokeellisuudesta. SOLO-taksonomian avulla työstettyjen työohjeiden vaikeustaso lisääntyy hierarkkisesti ja kvalitatiivisella tasolla olevat tehtävät voidaan myös luokitella Taulukon 5 (s. 23) mukaan tutkimukselliseksi.

#### **4.1.4 Tapaustutkimus 1: Koulutuksen toteutus ja vaikuttavuuden arviointi**

Tässä luvussa tehdään analyysi koulutuksen onnistumisesta ja vaikuttavuudesta kaikille opettajille suunnatun kyselytutkimuksen ja neljän opettajan haastattelun pohjalta.

##### **4.1.4.1 Kyselytutkimus koulutuksen jälkeen**

Koulutuksen lopuksi vielä paikalla olevat yhdeksän opettajaa vastasivat kolmiosaiseen kyselykaavakkeeseen (Liite 3). Ensimmäisen osan ("Yleistä") avulla tarkennettiin, kuinka paljon ja miksi opettajat yleensä teettävät kokeellisuutta. Toisessa osassa ("Täydennä") opettajia pyydettiin täydentämään kolme lausetta heidän mielestään sopivalla tavalla. Täydennystehtävän avulla tutkittiin, miten opettajat koulutuksen jälkeen määrittelevät tutkimuksellisen kokeellisuuden, minkälainen on hyvä kokeellinen työ lukion kemiassa ja miten kemiaa opitaan heidän mielestään parhaiten. Vastauksen rakenteen perusteella pyrittiin myös päättämään sen SOLO-taso. Kolmannessa osassa ("SOLO-taksonomia") kyselykaavakkeella kartoitettiin opettajien näkemyksiä SOLO-työkalusta lukion kemian kokeellisen opetuksen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Täydennystehtäviä oli kolme ja koska vastaukset ovat lyhyitä, ne voidaan esittää taulukossa alkuperäisessä muodossaan (Taulukot 13-15). Esimerkiksi taulukosta 13 löytyy lauseita kolmella eri SOLO-tasolla: unistruktuurisella tasolla esitetään tutkimuksellisesta kokeellisuudesta yksi näkökulma (”syvempää oppimista”), multistruktuurisella SOLO-tasolla luetellaan ominaispiirteitä (”täytyy itse havainnoida, päätellä, ajatella”) ja suhteellisella SOLO-tasolla vastauksessa on hieman hierarkkista rakennetta (”työssä on jo ainakin sen verran avoimuutta tai tilaa oivalluksille → että se sallii omien muutoksien tekemisen → jotta niiden kautta voi tehdä omia päätelmiä”).

Vastaukset kysymyksiin SOLO-työkalusta (Taulukot 16-18) ovat pitempiä, joten ne tiivistetään pelkistetyiksi ilmaisuiksi. Esimerkiksi yksi vastaus kysymykseen ”Mitä uutta SOLO-työkalu tuo kemian kokeellisuuden opetukseen?” (Taulukko 16) on seuraava:

*”SOLO-työkalun avulla voi suhteuttaa työtä sille tasolle, jolla oppilaat ovat kulloinkin – osaa antaa riittävästi ja toisaalta ei liikaa ohjeita työn suorituksessa.”*

Lauseesta voi pelkistää kaksi ilmausta, jotka viittaavat työn muokkaamiseen, tuunaukseen (voi suhteuttaa työtä sille tasolle... ja ... osaa antaa riittävästi ja toisaalta ei liikaa ohjeita...) ja yksi ilmaus viittaa sekä eriyttämiseen että oppijoiden ajattelun tulemiseen näkyväksi (...suhteuttaa työtä sille tasolle, jolla oppilaat ovat kulloinkin...).

#### *Yleistä tietoa kokeellisesta opetuksesta*

Opettajat ilmoittivat teettävänsä keskimäärin kaksi kokeellista työtä kurssilla. Valtakunnallisessa *Kemian opetus tänään* seurantatutkimuksessa 77 % lukion opettajista ilmoitti teettävänsä 2-4 kokeellista työtä riippuen siitä, mikä kemian kurssi on kyseessä. Tämä määrä kokeellisia töitä ei kuitenkaan riitä toteuttamaan opetussuunnitelman perusteissa mainittuja tavoitteita kokeellisuuden osalta. (Aksela & Karjalainen, 2008) Kokeellisen työskentelyn tavoitteena ja toteutuksen perusteluna kemian opetuksessa tulisi olla kemian oppiminen. Opettajat antoivat kuitenkin hyvin erilaisia perusteluja sille, miksi teettävät kokeellisia töitä; useimmin he mainitsivat perusteluina teorian ymmärtämisen (3), motivoinnin (3) ja vaihtelun (3). Muita perusteluja olivat esimerkiksi, että opiskelijat pitävät kokeellisesta työskentelystä (2) ja opiskeltavan aiheen syventäminen (2).

Taulukossa 12 on verrattu opettajien esittämiä perusteluja kokeellisuuden teettämiseksi *Kemian opetus tänään* tutkimuksien antamiin tuloksiin. *Kemian opetus tänään* (Aksela & Juvonen, 1999) tutkimuksessa kolme tärkeintä perustelua olivat motivointi (40 %), kemian oppiminen (29 %) ja kokeellisuuden katsotaan kuuluvan olennaisena osana kemian opiskeluun (10 %). *Kemian opetus tänään* seurantatutkimuksessa (2008) kolme tärkeintä perustelua olivat kemian oppiminen (24 %), teoriayhteys (17 %) ja havainnollistavuus (14 %).

*Kemian opetus tänään* tutkimuksen (1999) ja sen seurantatutkimuksen (2008) mukaan kolme syytä, joiden vuoksi lukiossa kokeellisuutta ei tehdä, ovat aikapula, resurssit ja ryhmäkoko. Tässä tutkimuksessa opettajat nostivat esille kyselykaavakkeen vastauksissa aikapulan ja resurssit.

**Taulukko 12 Opettajien perustelut kokeellisten töiden teettämiselle**

Perustelu	Tämä kurssi f	1999* %	2008# %
Kemian oppimisen vuoksi	1	29	24
Motivoinnin vuoksi	3	40	5
Teoriayhteys	3	-	17
Taitojen oppimisen vuoksi	2	6	9
Havainnollistavuus	-	-	14
Vaihtelu	3	3	9
Kuuluu olennaisena osana kemian opiskeluun	-	10	10
Kemia on kokeellinen luonnontiede	1	-	5
Kokeellisuus opetussuunnitelman perusteissa	-	-	2
Muu	11	9	12

\*Aksela & Juvonen (1999); # Aksela & Karjalainen (2008)

### *Täydennystehtävät*

Toisessa osassa kyselykaavaketta opettajien piti täydentää kolme lausetta. Ensimmäinen täydennettävä lause oli *Tutkimuksellinen kokeellisuus tarkoittaa...* (Taulukko 13). Seitsemän opettajaa kirjoitti oman näkemyksensä tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja kahdessa niissä käytettiin verbiä tutkia (vastaukset 1 ja 4), kolmessa vastauksessa työhöön ”ei-keittokirjamainen” (vastaukset 3, 6 ja 8) tai avoin (vastaukset 4 ja 7) luonne liitettiin tutkimuksellisuuteen ja kolmessa vastauksessa mainittiin päättelyminen tai johtopäätöksiä tekeminen (vastaukset 3, 7 ja 8).

Kun analysoidaan vastauksia käyttäen SOLO-taksonomiaa, kaksi opettajaa jätti kohdan tyhjäksi (prestruktuurinen taso), kolme vastausta oli unistruktuurisella tasolla, kaksi vastausta multistruktuurisella tasolla ja kaksi suhteellisella SOLO-tasolla. Oppimisen laatu opettajien vastausten perusteella vaihteli suuresti: kaksi opettajaa ei pystynyt (tai halunnut) määritellä tutkimuksellisuutta sijoittuen prestruktuuriselle tasolle ja toisaalta kahden opettajan vastaus oli suhteellisella tasolla. Suhteellisen tason vastauksissa oli jo rakennetta eivätkä ne olleet pelkästään ominaisuuksien listauksia.

**Taulukko 13 Opettajien täydennykset lauseen aloitukseen ja niiden SOLO-tasot**

Tutkimuksellinen kokeellisuus tarkoittaa ...	SOLO-taso*
1. ... että opiskelija tutkimalla löytää asian.	U
2. ... syvempää oppimista.	U
3. ... sitä, että työohjetta ei anneta reseptinomaisena vaan pistetään opiskelija pohtimaan asioita ja tekemään johtopäätöksiä.	M
4. ... että oppilaille annetaan hyvin avoin tehtävä, jonka toteuttamistavan he saavat itse päättää → päästään työohjeen tasolta tutkimaan itse ilmiötä.	S
5. tyhjä	P
6. ... että työohje ei ole liian tarkka.	U
7. ... että työssä on ainakin sen verran avoimuutta (tai tilaa oivalluksille), että se sallii omien muutoksien tekemisen, jotta niiden kautta voi tehdä omia päätelmiä.	S
8. ... että kaikkea ei anneta reseptinä teetettäväksi. Täytyy itse havainnoida, päätellä, ajatella!	M
9. tyhjä	P

\*P = prestruktuurinen; U = unistruktuurinen; M = multistruktuurinen; S = suhteellinen

Toinen täydennettävä lause oli *Hyvä kokeellinen työ lukion kemiassa on ...* (Taulukko 14). *Kemian opetus tänään* (1999) tutkimuksen mukaan opettajien mielestä hyvä kokeellinen työ tukee teorian oppimista, on selkeä ja motivoiva. *Kemian opetus tänään* (2008) seurantatutkimuksessa lukion opettajista 30 % oli sitä mieltä, että hyvä kokeellinen työ tukee teorian oppimista ja 19 % oli sitä mieltä, että hyvässä kokeellisessa työssä on havaittava muutos tai loppu. Hyvä työ oli myös selkeä ja lyhyt. Myös koulutukseen osallistuneet opettajat olivat yleisesti sitä mieltä, että hyvä kokeellinen työ tukee teorian oppimista (vastaukset 5, 7 ja 9) ja sen avulla opiskelija voi ymmärtää kokeen tai käytännön ja teorian välisen yhteyden (vastaukset 3 ja 6). Lisäksi hyvä kokeellinen työ herättää oivalluksia (vastaukset 5, 6 ja 7) ja panee opiskelijan ajattelemaan (vastaukset 1 ja 2). Yhdessä vastauksessa tuotiin esille hyvän työn suorituksen konkreettisia ominaisuuksia (vastaus 4).

Kaikki opettajat kuvailivat hyvää kokeellista työtä kvantitatiivisella SOLO-tasolla luetellen joko yhden (unistruktuurinen) tai useampia (multistruktuurinen) hyviä ominaisuuksia. Vastauksien perusteella hyvässä kokeellisessa työssä oppijan ajatukset ovat selkeästi mukana, mutta vastauksesta ei käy ilmi, kuinka se toteutetaan. On havaittu, että vaikka opettajat ilmoittavat kokeellisen työskentelyn tavoitteena olevan teorian oppimisen, ei kuitenkaan löydy todisteita siitä, kuinka he ovat alkuaan suunnitelleet oppilaiden oppivan kokeellisen toiminnan kautta (Abrahams & Millar, 2008).

Taulukossa 10 sivulla 56 on opettajien perustelut hyvälle kokeelliselle työlle *ennen* koulutusta. Siinä opettajat kuvailivat, että hyvä kokeellinen työ tukee teorian oppimista, on



selkeä ja siinä tulokset ovat helposti havaittavissa, on yksinkertainen, helppo ja turvallinen toteuttaa, onnistuu aina ja on nopea tehdä. Koulutuksen myötä ajattelun merkitys kokeellisessa toiminnassa on noussut voimakkaammin mukaan kuvaamaan hyvää kokeellista työtä.

**Taulukko 14** Opettajien täydennykset lauseen aloitukseen ja niiden SOLO-tasot

Hyvä kokeellinen työ lukion kemiassa on ...	SOLO-taso*
1. ... opettava eli panee tekijän ajattelemaan.	U
2. ... havainnollinen, ajatuksia herättävä.	M
3. ... sellainen, jossa opiskelija ymmärtää kokeen ja teorian yhteyden.	U
4. ... sellainen, jonka toteuttamiseen riittää yksinkertaiset välineet ja aikaa menee vähän, oppilaat pystyvät suhteellisen itsenäisesti suorittamaan.	M
5. ... selkeä, teoriaa tukeva, oivaltava ...	M
6. ... sellainen, jossa oppilas oivaltaa jonkun teorian ja käytännön yhteyden.	U
7. ... sellainen, joka tukee teoriaoppimista. Mutta työn pitää myös herättää oppilaassa omia oivalluksia.	M
8. ... opiskeltavaan aiheeseen tiiviisti liittyvä ja siihen uusia näkökulmia antava.	M
9. ... tukee/syventää teorian tietoja	M

\*U = unistruktuurinen; M = multistruktuurinen.

Kolmannen täydennettävän lauseen, *Kemiaa oppii parhaiten ...* (Taulukko 15) avulla pyrittiin selvittämään kemian opettajien oppimiskäsitystä. Monessa vastauksessa tulee esille, että opettajien mielestä kemiaa oppii parhaiten tekemällä (vastaukset 1, 2, 5 ja 6). Vastauksesta ei selitetä tarkemmin, mitä ja miten tekemällä oppii parhaiten. Opettajat ovat listanneet monipuolisesti erilaisia näkökulmia oppimiseen, mutta ne ovat multistruktuurisella tasolla. Boulton-Lewis (1996) päätteli tutkittuaan opettajien oppimiskäsityksiä, että vaikka opettajat ovat opetuksen ammattilaisia ja heillä on paljon erilaisia näkemyksiä oppimisesta, he eivät välttämättä ole reflektoineet tietoa siinä määrin, että se olisi heidän käytössään. Hän totesi, että opettajien antama pinnallinen kuvaus oppimisesta multistruktuurisella tasolla antaa viitteitä siitä, että tieto ei ole järjestäytynyt rakenteeksi suhteellisella SOLO-tasolla, joka mahdollistaisi sen tietoisien ja metakognitiivisen soveltamisen erilaisiin oppimistilanteisiin. Taulukon 14 tulokset tukevat siltä osin Boulton-Lewisin (1996) tuloksia.

**Taulukko 15** Opettajien täydennykset lauseen aloitukseen ja niiden SOLO-tasot

Kemiaa oppii parhaiten ...	SOLO-taso*
1. ... tutkimalla ja tekemällä	M
2. ... tekemällä, selittämällä	M
3. ... innostavan opettajan avulla, joka käyttää monipuolisia opetustapoja	M
4. ... kokeilemalla ja sitten saatujen tuloksien taustoja pohtimalla esim. opettajajohtoisesti	M
5. ... tekemällä, lukemalla, laskemalla, keskustelemalla, kuuntelemalla. Kaikki keinot sallittuja!	M
6. ... lukemalla, tekemällä ja puhumalla	M
7. ... avoimin mielin ja pitkäjänteisesti	M
8. tyhjä	P
9. ... monipuolisilla työmenetelmillä; labratyöt, käsitekartat, erilaiset ryhmätyöt/koosteet	M

\*P = prestruktuurinen; M = multistruktuurinen.

### SOLO-työkalu

Kolmannessa osassa kyselykaavaketta selvitettiin opettajien kokemuksia SOLO-työkalusta. Ensimmäinen kysymys tiedusteli, mitä uutta SOLO-työkalu tuo kemian kokeellisuuden opetukseen. Annettuja vastauksia on tulkittu sisällönanalyysin keinoin ja taulukkoon 16 ne on tiivistetty pelkistettyjen ilmauksien muotoon. Neljä opettajaa oli sitä mieltä, että tuunaus (kurssilla käytetty puhekielen ilmaus) eli kokeellisen työn työohjeen modifiointi oli uusi asia: Samaa työohjetta voi käyttää eri vaikeustasoilla tai tavoitteena on ”tuunata” oppilaiden tasolle sopiva työohje. SOLO-työkalu helpottaa opetuksen eriyttämistä erilaisille oppijoille, jolloin kaikkien ei tarvitse tehdä samaa työtä samalla tavalla vaan vaatimustaso voisi vaihdella oppilasryhmissä kokemuksen ja motivaation mukaan. Uudeksi koettiin myös se, että SOLO-työkalu voi tuoda oppilaiden ajattelua näkyväksi opettajalle, jolloin ohjeistaminen helpottuu. Yhdelle opettajalle SOLO-työkalu oli avannut uuden näkökulman kokeelliseen opetukseen. Kolmen opettajan vastauksesta voi tulkita, että SOLO-työkalu toimii myös kokeellisten töiden kehittämisen välineenä.

**Taulukko 16** Pelkistetyt ilmaukset opettajien vastauksista kysymykseen, mitä uutta SOLO-työkalu tuo kemian kokeellisuuden opetukseen

Mitä uutta SOLO-työkalu tuo kemian kokeellisuuden opetukseen?	
Pelkistetty ilmaus	Vastaus
työn muokkaminen, tuunaus	1, 4, 6, 7
eriyttäminen	2, 4, 7
oppijoiden ajattelu tulee näkyväksi	3, 4
uusi näkökulma	5
töiden kehittäminen	1, 7, 9

Toinen kysymys selvitti, mitä hyötyä SOLO-työkalusta on opettajalle (Taulukko 17). Kuudessa vastauksessa kävi ilmi, että SOLO-työkalu tukee opetuksen suunnittelua siten, että se auttaa opettajaa laatimaan ja muokkaamaan työohjetta sellaiseksi, että siitä tulee oppijoille sopiva ja toimiva. Kahden opettajan mukaan SOLO-työkalun hyöty tulee siitä, että sen avulla opetusta voi eriyttää. Kolmen opettajan mukaan SOLO-työkalun avulla opetuksen laatu paranee, kun oppijat saavat irti enemmän opetuksesta ja tehtävät ohjaavat oppilaita toimimaan opettajan suunnittelemalla tasolla. Viisi opettajaa näkee, että taito arvioida tehtävänannon laatua SOLO-työkalun avulla on hyödyllinen, minkä seurauksena sopivan työn valitseminen kurssilla helpottuu. Vastauksista kävi myös ilmi, kuinka SOLO-työkalu toimi opettajalle myös oman työn kehittämisen välineenä: Sen seurauksena opettaja *huomaa*, että työohjetta pitää muokata erilaisille oppijoille; opettaja *pystyy* pitäytymään sopivan tasoisissa tehtävissä ja kiinnittämään huomiota työn tasoon ja esitystapaan; se *auttaa ohjaamaan* opiskelijoita itsenäisempään toimintaan; opettaja *joutuu miettimään* ohjeistuksen määrää; ja opettaja *hahmottaa paremmin* kuinka työohjeet toimivat erilaisille oppijoille (kursivoidut verbit poimittu opettajien vastauksista).

**Taulukko 17** *Pelkistetyt ilmaukset opettajien vastauksista kysymyksen, mitä hyötyä SOLO-työkalusta on opettajalle*

Mitä hyötyä SOLO-työkalusta on opettajalle?	
Pelkistetty ilmaus	Vastaus
Tukee kokeellisen opetuksen suunnittelua	1, 2, 4, 6, 7, 9
Eriyttäminen	2, 7
Laadukkaampaa opetusta	3, 4, 5
Tehtävänannon laadun arvioinnin työkalu	4, 6, 7, 9
Opettajan kehittymisen tukeminen	2, 4, 5, 6, 7, 9

Kolmas kysymys tiedusteli opettajilta, mitä vaikutuksia SOLO-työkalun käytöllä on opiskelijoiden kemian oppimiseen. Neljä opettajaa jätti vastaamatta tähän ja kahdessa vastauksessa kerrottiin, että opettaja ei ollut päässyt käyttämään SOLO-työkalua tai ei ollut ehtinyt testaamaan sitä. Kolme opettajaa esitti erilaisia näkökulmia kemian oppimiseen: Yhden opettajan mukaan oppilas siirtyy ohjeiden seuraamisesta omaan ajatteluun, toisen opettajan mukaan luonnontieteellisen tiedon luonne tulee paremmin esille ja kolmannen mukaan SOLO-taksonomian käytön etuna on se, että oppilaiden taitotaso ja opetuksen vaatimustaso kohtaavat. Vastauksien mukaan SOLO-työkalun käyttäminen yhdistyy nimenomaan tutkimukselliseen lähestymistapaan kokeellisuudessa.

Neljäs kysymys pyrki selvittämään, mitä haasteita SOLO-työkalun käyttämisessä on (Taulukko 18). Kolmen opettajan vastauksen perusteella haasteellista on saada aika riittämään. Neljän opettajan vastauksista ilmenee, että SOLO-työkalun käyttäminen lisää työn määrää, kun opettaja tarvitsee työkalun soveltamisen tueksi lisää esimerkkejä, harjoituksia, pohtimista tai työohjeiden kehittämistä. Opettajan pitää ensin oppia asia itse ennen kuin voi soveltaa SOLO-työkalua opetuksessaan. Haasteelliseksi koettiin juuri eri SOLO-tasojen välisten erojen ymmärtäminen.

**Taulukko 18** *Pelkistetyt ilmaukset, jotka tiivistävät opettajien ajatuksia vastauksissa kysymykseen, mitä haasteita SOLO-työkalun käyttämisessä on*

Mitä haasteita on mielestäsi SOLO-työkalun käyttämisessä?	
<b>Pelkistetty ilmaus</b>	<b>Vastaus</b>
Aikaa vievä	1, 3, 6
Työtä vaativaa	2, 5, 6, 9
Tarvitaan lisää esimerkkejä/harjoituksia	4, 5
Pitää ensin itse oppia asia	4, 5, 7
Oppilaiden taidot eivät riitä	6
Eri SOLO-tasojen väliset erot	4, 5, 7, 9
Vähän kokeellista työskentelyä	6

Viides kysymys pyrki selvittämään, millaista tukea opettaja tarvitsisi SOLO-työkalun käyttämistä varten. Opettajat kaipasivat yleisesti erilaisia malleja ja harjoitusta, enemmän ohjausta. Yhdessä vastauksessa täsmennettiin tuen tarve juuri SOLO-tasojen välisten erojen selvittämiseksi.

#### 4.1.4.2 Haastattelu

Tutkimushaastattelussa kouluttaja-tutkija haastatteli neljä opettajaa ja käytännön syistä haastattelu oli helpointa toteuttaa samassa kaupungissa työskentelevien opettajien kanssa. Teemahaastattelun tavoitteena oli löytää merkityksellisiä vastauksia tutkimustehtävän mukaisesti, syventää kyselytutkimuksessa saatuja tuloksia ja lisätä niiden validiteettia triangulaation avulla (Tuomi & Sarajarvi, 2009). Haastattelupyyntö lähetettiin sähköpostitse neljälle opettajalle ja he kaikki vastasivat myöntävästi. Haastatellut työskentelevät siis kaikki saman kaupungin eri lukioissa. Yhdellä opettajalla oli noin 20 vuoden kokemus (Opettaja 1), kahdella noin 10 vuoden kokemus (Opettajat 2 ja 3) sekä yhdellä noin kahden vuoden kokemus (Opettaja 4) lukion kemian opettajana toimimisesta.

Tutkimushaastattelussa etsittiin vastauksia kolmeen tutkimuskysymykseen:

- 1) Miten tutkimuksellinen lähestymistapa sopii lukion kemian kokeelliseen opetukseen?
- 2) Mitä lisäarvoa SOLO-työkalu tuo kemian kokeelliseen opetukseen?
- 3) Mitä uutta opit kurssilla?

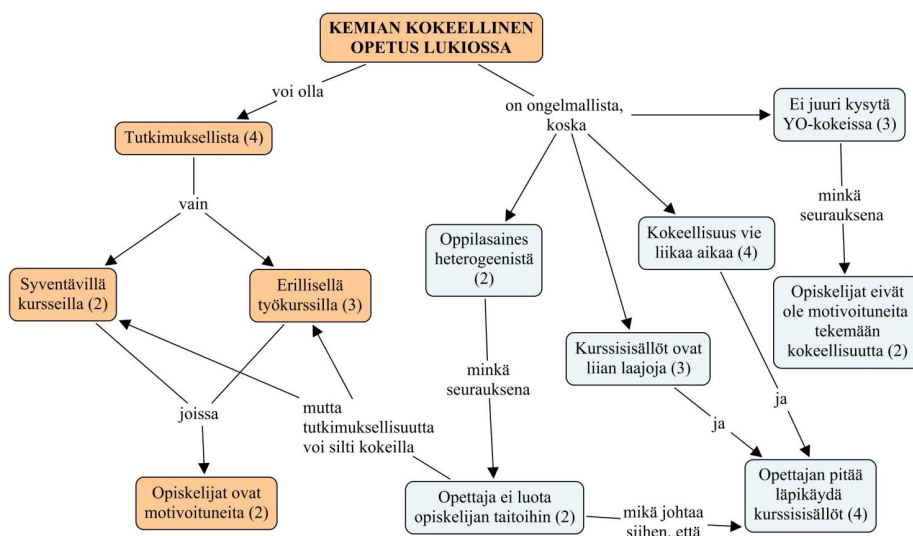
#### 4.1.4.3 Aineistolähtöinen sisällönanalyysi

1) *Miten tutkimuksellinen lähestymistapa sopii lukion kemian kokeelliseen opetukseen?*

Aluksi opettajat pohtivat kolmea kysymystä ja heidän vastauksistaan laadittiin käsitekartta. Kysymykset olivat: Mikä on kokeellisuuden merkitys lukiossa tänä päivänä? Miten kokeellisuus tulisi toteuttaa? Miten tutkimuksellinen lähestymistapa sopii lukion kemian kokeelliseen opetukseen? Kuvassa 13 on koottu yhteenvetona kaikissa neljässä käsitekartassa esiintyvät yhteiset tekijät ja sulkuihin on merkitty frekvenssi, kuinka monen opettajan vastauksessa ne esiintyivät.

Yleisesti voi sanoa, että opettajat kokevat kokeellisuuden ongelmallisena, koska kurssisisällöt ovat suuria ja kokeellisuuden tekeminen veisi liikaa oppitunteja. He kokevat, että heidän pitää ehtiä läpikäydä opetettavat asiat opettajajohtoisesti. Kaksi opettajaa (Opettajat 1 ja 3) korostavat opiskelijoiden tason merkitystä sille, miksi kokeellisuuden tekeminen on ongelmallista. Opettaja, joka on tyytyväinen koulunsa opiskelijoiden tasoon (Opettaja 2), ei kuitenkaan teetä sen enempää kokeellisuutta kuin muut haastatellut opettajat. Yhden opettajan mielestä oppilaita ei yleensä ottaen edes kiinnosta kokeellisuus (Opettaja 4).

Tutkimuksellinen lähestymistapa sopii opettajien mielestä vain joko syventäville kursseille (Opettajat 1 ja 3) tai erilliselle työkurssille (Opettajat 1, 3 ja 4). Syventävillä kursseilla opiskelijat ovat motivoituneempia ja heillä on enemmän kokemusta laboratoriotyöskentelystä. Opettajan 1 mielestä ns. tavallisessa koulussa tutkimuksellinen lähestymistapa ei onnistu yhtä hyvin kuin hyvässä koulussa, jossa on lahjakkaita opiskelijoita. Opettajat 3 ja 4 puolestaan korostavat, että tutkimuksellisuus edellyttää opiskelijoiden sitoutumista työskentelyyn omalla ajalla enemmän kuin perinteinen kokeellinen opetus ja koska niin monet opiskelijat eivät ehdi harrastuksiltaan ja työssäkäynniltään tehdä kotitehtäviä, tutkimuksellisuus ei sovi heille.



**Kuva 13** Yhteenveto kokeellisen opetuksen ongelmakohdista lukiossa haastatteluun perustuen

## 2) Mitä lisäarvoa SOLO-työkalu tuo kemian kokeelliseen opetukseen?

Toisessa haastattelun osiossa pyrittiin selvittämään, mitä lisäarvoa SOLO-taksonomia voi tuoda kemian kokeelliseen opetukseen lukiossa. Haastattelu litteroitiin ja aineistosta etsittiin vastausta ilmaisevien lauseiden muodossa tutkimuskysymykseen. Ilmaisevat lauseet pelkistettiin yksittäisiksi ilmaisuiksi ja ryhmiteltiin edelleen yhtäläisten ilmaisujen joukoiksi, ns. alaluokiksi. Taulukossa 19 on ryhmitelty alaluokat eri kategorioihin muodostaen neljä yläkategoriaa eli yläluokkaa, jotka on nimetty niiden sisältöä vastaavasti:

1) tutkimuksellisuuden toteuttaminen, 2) SOLO-taksonomian tuoma lisäarvo, 3) oppijakeskeisyyden lisääntyminen ja 4) haasteet liittyen tutkimukselliseen kokeellisuuteen.

Pohtiessaan SOLO-työkalun merkitystä opettajat kertoivat kokeellisuudesta eri näkökulmista, joissa tutkimuksellinen lähestymistapa ilmenee. Kokeellisen opetuksen merkityksestä puhuessaan edellisessä osiossa opettajat olivat olleet sitä mieltä, että tutkimuksellinen lähestymistapa sopii vasta syventävillä kursseilla tai parhaiten erillisellä työkurssilla, joissa opiskelijat ovat motivoituneempia kuin pakollisella peruskurssilla. Opettaja 4 koki juuri avoimen tehtävän laajennetulla abstraktilla eli ylimmällä SOLO-tasolla vaikeaksi toteuttaa ajan puutteen vuoksi:

*”Nyt olen kokenut, että on niin kiireistä ja se on se 75 minuuttia ja jos lähtee sieltä toisesta päästä (laajennetulta abstraktilta SOLO-tasolta), niin se vaatii sitä aikaa, ja se vie aikaa, että he saavat miettiä ja erehdyksen kautta hakea tarvikkeita ja muuta.”*

Peruskurssin opiskelijoiden ei myöskään koeta välttämättä omaavan sellaisia työskentelytaitoja, joita tutkimuksellinen lähestymistapa edellyttää. Opettajan 1 mukaan lukiolainen oppii kemian työskentelytavat perinteisten työohjeiden avulla, jotka edustavat alinta SOLO-tasoa ja vasta sen jälkeen opettaja voi edetä korkeammalle SOLO-tasolle:

*”Monesti siellä lähtee sen pakollisen ykköskurssin aika ohjeistetusti, että saa ne ylipäättään oppimaan kemian työskentelyä. Lukiossa tehdään pitempiä töitä (kuin peruskoulussa) ja niiden pitää ensin oppia lukion työskentelyyn ja sen jälkeen voi sitten sitä tasoa nostaa.”*

Suunnittelutehtävät nousivat kolmen opettajan vastauksissa selvästi helpoimmin toteutettavina tutkimuksellisinä tehtävinä lukion kursseilla ja ne toimivat myös kotitehtävinä:

*”Se (tutkimuksellinen tehtävä) pistää heikommatkin oppilaat miettimään omilla aivoilla, että mitä voi tehdä, miten tämän saisi mitattua, kokeiltua tai testattua. Pienet selkeät osiot voisi ajatella kotitehtävien joukkoonkin, eivät tekisi työtäkään vaan teoreettisesti (pohtisivat), että miten voisi tämän tehdä.” (Opettaja 3)*

SOLO-työkalun lisäarvo opetuksen suunnitteluapuna oli avautunut opettajille enemmänkin mahdollisuutena kuin kokemuksen kautta. Tosin laadullinen näkökulma toimi myös herättäjänä kurssilaisille:

*”Oikeastaan opetuksen laatua en ole koskaan miettinyt eli millä tavalla minä asioita esitän ja kuinka valmiiksi ne pureskelen. Nyt vasta olen alkanut niitä miettimään.” (Opettaja 3)*

*”Itse koin, että eniten oli hyötyä, koska aloin itse ajattelemaan niitä töitä eri tasoilla. Totta kai sitä vaikeustasoa lähti vähän miettimään, mutta toisaalta en usko, että se viimeisin taso (laajennettu abstrakti SOLO-taso), harva lukion oppilas, joka minullakin on ollut, pystyisi edes tekemään semmoista.” (Opettaja 4)*

**Taulukko 19 SOLO-taksonomian merkitys kokeellisen opetuksen tukena.**  
*Aineistolähtöisen sisällönanalyysin ylä- ja alaluokat sekä alaluokkien opettajakohtaiset frekvenssit.*

Yläluokka	Alaluokat	Frekvenssi			
		1	2	3	4
Tutkimuksellisuuden toteuttaminen	Suhteellinen SOLO-taso toteuttamiskelpoinen (Teoreettisena) suunnittelutehtävänä	x	x	x	x
	Kotitehtäväksi suunnittelutehtävä			x	x
	Työtavan opetteluun tarvitaan suljettu työohje	x			
	Oppilaat hakevat itse tietoa			x	
SOLO-taksonomian tuoma lisäarvo	Opetuksen laatu tulee näkyväksi			x	
	Sopivan vaikeustason etsiminen	x	x		x
	Saman tehtävän esittäminen eri tavoilla	x	x		x
	Vaihtelevat työtavat				x
	Vaatimustason lisääminen	x	x		
	Opetuksen eriyttäminen	x			
	Laboratoriotyöstä saa enemmän irti		x		
	Oppimisen mitta	x			
Oppijakeskeisyyden lisääntyminen	Rohkeus valita kokeellinen YO-tehtävä lisääntyy	x			
	Oppilaan osaamistason tunnistaminen		x		
	Omilla aivoilla ajatteleminen			x	
	Ryhmän osaamistason tunnistaminen				x
	Tilan antaminen oppilaalle			x	
	Oppilas tekee itse			x	
	Vaatimustason lisääminen vähitellen		x		
	Oppilaiden aliarvioimisen tunnistaminen			x	
Haasteet liittyen tutkimukselliseen kokeellisuuteen	Tehtävänannon eriyttäminen	x			x
	OPS ei tue tutkimuksellisuutta	x			x
	Avoin tehtävä vie liikaa aikaa.	x			x
	(Opettajan) vertaistuen tarve				x
	Työn tekeminen oppilaan puolesta	x		x	
	Oppilaiden taidot eivät riitä	x			x
	Kokeellinen työ pitää tehdä opettajajohtoisesti	x			
	Omien ideoiden toteuttamiseen ei aikaa	x			
	Suuri ryhmäkoko	x			

SOLO-työkalua voi käyttää apuna opetuksen eriyttämisessä. Kaikilla oppilailla ei välttämättä ole samanlainen motivaatio työskennellä tutkimuksellisten tehtävien parissa, jos he ovat tottuneet suljettuihin työohjeisiin, joiden perusteella työ on helppo suorittaa, eikä työvaiheiden suunnitteluun tarvitse käyttää aikaa. Toiset oppilaat innostuvat helpommin tutkimaan ja silloin eri SOLO-tasoilla olemassa olevat työohjeet helpottavat opettajan tehtävänantoa. Lukion ryhmissä voi olla eritasoisia oppilaita, joilla kaikilla ei vielä ole kokemusta tietyn tyypin tehtävistä, esimerkiksi titrauksesta, ja silloin he tarvitsevat yksityiskohtaisempaa ohjeistusta, kun taas kokeneemmat oppijat hyötyvät avoimemmasta työohjeesta ja pystyvät tekemään määrityksen sen itse suunnittelemalla.

*”Jos ryhmä ei ole kauhean iso ja olisi ideaalia, jos voisi sen ryhmän sisällä jakaa ryhmiin SOLO-tasojen mukaisesti, että pystyisi tekemään jotain, niin silloin voisi antaa eri tavalla tehtävänannot.”* (Opettaja 1)

*”Sehän on eri taitotasolle, eri ikäryhmille melkein, voi suunnitella työn niin, ettei se ole liian vaativa pienille oppilaille tai liian helppo kokeneille oppilaille.”* (Opettaja 2)

### 3) Mitä uutta opit kurssilla?

Tässä osiossa on analysoitu laadullisen sisällönanalyysin avulla opettajien vastauksia, kun he kertoivat, mitä uutta he olivat oppineet kurssilla. Pelkistetyt ilmaukset on luokiteltu viiteen eri yläluokkaan (Taulukko 20). Kurssi oli avannut uusia näkökulmia kokeelliseen työskentelyyn lukiossa:

*”Opin uutta, mutta siellä vahvistui minunkin näkemykseni siitä, että kunhan vain olisi aikaa ja voimavaroja niin joka ikisen työohjeen voisi tuunata erityyppiseksi, että se ei olisi vain tätä, että laita tätä ja sitten laita tätä niin kuin ne ovat ne kirjan ohjeet.”* (Opettaja 1)

**Taulukko 20** Mitä uutta opit kevään kurssilla? Aineistolähtöisen sisällönanalyysin ylä- ja alaluokat sekä alaluokkien frekvenssit opettajakohtaisesti

Yläluokka	Alaluokat	Frekvenssi			
		1	2	3	4
Uusia näkökulmia kokeellisuuteen	Työstä voi aina kehittää tutkimuksellisen version. Oppilaille enemmän vapauksia kokeilla. On erilaisia tapoja tehdä kokeellisuutta. Tutkimuksellisia töitä voisi tehdä enemmän. Työkurssin voisi toteuttaa tutkivalla tavalla.	x   x x	x  x x	 x x	  x
Työohjeen laatu	Tutkimuksellinen työohje on parempi. Reseptit ovat liian helppoja. Avoim työohje on liian vaativa. SOLO-tasojen kautta voi lisätä työn vaativuutta.	x   x	 x  	  x	   x
Työohjeen soveltaminen käytäntöön	Tuunaamalla toteuttamiskelpoinen työohje. Oppilaille enemmän vapauksia kokeilla Oppilaat suunnittelevat itse toteutuksen. Vain pienissä ryhmissä voi kokeilla. Työkurssilla voi testata uutta työtapaa.	x   x x	  x  	  x	  x x
Esteet tutkimuksellisen lähestymistavan toteuttamiselle	Tietty ikävaihe edellyttää reseptiä. Resurssit rajoittavat kokeilua. Suuret ryhmät OPS ei tue tutkimuksellista lähestymistapaa. Avoim työ vie liikaa aikaa. Ajan riittämättömyys edellyttää ohjeistusta.	 x x x x	x    	 x x	 x  x
Epävarmuustekijöitä	Erot SOLO-tasojen välillä vielä epäselviä. Osaanko soveltaa käytännössä?	x x	 x	 x	x



*"Varmaan yksi ainoa perusajatus oli, miten sitä työtä voi tehdä tutkivaan suuntaan. Siihen voisi aina yrittää kehittää sen tutkivan lähestymistavan."* (Opettaja 2)

Kurssi oli saanut opettajat tarkastelemaan työohjeita laadullisesta näkökulmasta. Avoin työohje koettiin liian vaativaksi, mutta pienillä muutoksilla työohjetta voisi muuttaa sellaiseksi, että he uskaltaisivat kokeilla sitä käytännössä.

*"Nyt kun on ollut aikaa miettiä sitä kurssia ja kurssin sisältöä, mikä työ ja mitä voisi pureksia, miten sen voisi toteuttaa. Sitten tuli se, että siinä joutuu ottamaan pikkuisen kiinni, siinä annettiin kurssilla ymmärtää, että voidaan antaa kaikki vapaus, pikkuisen minä vähän jarrutin sitä, otin sieltä osioita ja apukysymyksiä, en täysin aukaissut sitä (avoimeksi) tutkimukselliseksi, niin sitten se vaikutti semmoiselta, että se voisi toimia."*

(Opettaja 3)

Opettajat toivat esille ajatuksia siitä, kuinka tutkimuksellista lähestymistapaa joko voisi tulevaisuudessa soveltaa käytännössä tai kuinka he olivat jo hankkineet kokemuksia tutkimuksellisesta lähestymistavasta opetuksessa.

*"Esimerkiksi jos tekee titrauksen ensimmäistä kertaa, niin ei siinä voi ilman että olisi aikaa enemmän vain todeta, että no niin, ottakaapa selvää, mikä tämä titraus on, sitä joutuu vähän ohjeistamaan. Mutta esimerkiksi työkurssilla koetin sitä, että he joutuivat miettimään, että miten ne sen happojutun teki ja sitten vasta toteutettiin yhdessä."*

(Opettaja 4)

*"Voisi kokeilla ensimmäiseksi tuommoiset (tutkivat) työt työkurssilla, koska siellä ei ole painetta OPS:n suhteen. Siellä voisi kokeilla pienellä porukalla sen toimivuutta ja sitten tuoda sen kurssille."*

(Opettaja 3)

Myös tässä yhteydessä nousi monia esteitä tutkimuksellisen lähestymistavan toteuttamiselle siitä huolimatta, että se koettiin hyödylliseksi.

*"Jos ryhmät ovat isoja, niin se on aina hankalampaa, kun siellä on erilaisia oppilaita, niin siellä sitten yrittää pohdiskella ja viedä jokin kompromissitaso läpi. Ne (SOLO-tasot) jäivät takaraivoon, se kaikkein korkein taso, joka olisi aivan ihanteellinen mutta meillä opetussuunnitelmat ja tuntimäärät eivät tue sitä."*

(Opettaja 1)

Uuden asian soveltaminen käytäntöön tuo epävarmuutta. Eri SOLO-tasojen väliset erot olivat vielä epäselviä ja ne mietityttävät opettajaa, kun hän suunnittelee tehtävänantoa oppilaille.

*"SOLO-tasojen kautta on tullut ajateltua enemmän, että voisiko oppilaille vain antaa (tehtävän), että miten päin (tehtävää) lähtisi tuomaan."*

(Opettaja 4)

#### 4.1.4.4 Vertaistutorointijakson toteutuminen verkossa

Verkkopedagoginen jakso lähitapaamisten välillä toteutettiin suljetussa Optimaverkkoympäristössä viikolla 11 (14.3.-20.3.2011). Taulukkoon 21 on koottu Optiman käyttötilasto, joka kertoo osallistujien aktiivisuudesta työtilassa Kemian kokeellinen oppiminen. Siitä nähdään, että kaikki osallistujat ovat käyneet verkkoympäristössä ja tutustuneet siellä olevaan materiaaliin. Seitsemän opettajaa on palauttanut tehtävän omaan kansioonsa ja kuusi opettajaa on lähettänyt yhden tai useamman viestin. Kaikki opettajat ovat lukeneet viestejä yhteensä 200 kappaletta. Taulukosta on poistettu kouluttajan osuus: hän avasi 42 objektia, loi 10 objektia, lähetti 5 viestiä ja luki 20 viestiä. Kaikki osallistujat saivat aina tiedon viestistä omaan sähköpostiinsa, kun joku lähetti viestin Optimassa.

**Taulukko 21** Kurssilaisten aktiivisuustaulukko Optimassa

Käyttäjät	Objekti avattu lkm	Luodut objektit lkm	Lähetetyt viestit lkm	Luetut viestit (* lkm
Opettaja 1	33	1	0	16
Opettaja 2	34	6	5	15
Opettaja 3	32	2	1	11
Opettaja 4	39	1	1	15
Opettaja 5	40	1	4	20
Opettaja 6	37	0	0	20
Opettaja 7	35	0	3	18
Opettaja 8	32	0	0	19
Opettaja 9	30	1	0	15
Opettaja 10	29	0	0	20
Opettaja 11	27	1	1	18
Opettaja 12	25	0	0	6
Opettaja 13	23	0	0	7
Yhteensä	416	13	15	200

(\* Kouluttaja lähetti 5 viestiä, joten lähetettyjen viestien kokonaismäärä oli 20.

*Yhteenvedo viestien sisällöistä:* Kolmessa viestissä tiedusteltiin aikatauluun liittyviä asioita ja kolmessa viestissä tiedotettiin muille sen jälkeen, kun kyseinen henkilö oli käynyt lisäämässä tehtävän omaan kansioonsa. Oman suunnitelmansa esittelivät viestissään Opettajat 2 ja 5. Varsinaista vertaistutorointia oli viidessä viestissä: Opettaja 5 antoi palautetta opettajille 1 ja 2, Opettaja 2 antoi palautetta opettajille 5 ja 11 ja Opettaja 7 antoi palautetta Opettajalle 1. Palaute oli annettu hyvin yleisellä tasolla:

*”Tätä ohjetta olisi omilla kursseillani helppo käyttää, tarvittavat välineet ovat helposti saatavissa ja työ luultavasti aika nopea.”*  
(Opettaja 5)

*”Työohjeet olivat selkeät ja luulisin, että ne voisi toteuttaa oppilaitten kanssa.”*  
(Opettaja 2)

Opettaja 5 oli havainnut, että prestruktuurinen työohje edellytti yksityiskohtaisempaa ohjeistusta:

*”Mietin tuota ensimmäistä prestruktuurisen tason ohjetta (jossa olit huomionut, että oppilas mahdollisesti valitsee kaksi samaa metalliliuskaa), että itse ehkä antaisin oppilailleni vielä enemmän ohjeita tällä tasolla. Eli esimerkiksi vihjettä siitä, että kokeillaan eri metalliyhdistelmiä kuten unistruktuurisen tason ohjeessa. Vai tuleekohan liikaa asiaa tämän tason kokeeseen?”*  
(Opettaja 5)

Opettaja 7 antoi palautetta Opettajalle 1 sen jälkeen, kun hän oli itse kokeillut tämän työohjetta käytännössä ja oivaltanut, millainen toimiva työohje olisi luonteeltaan:

*”Ohje vaikutti juuri sopivalta Kemisti 1 kirjan erääseen tehtävään. Seuraavalla kerralla annoin oppilaille tehtäväksi sinun työn ja ohjeen prestruktuurisella tasolla. Minun oppilaat eivät taida olla edes tuolla tasolla, kun useilla ryhmillä oli vaikeuksia seurata ohjetta. Yritin aluksi sanoa, että lukekaa ohjeet vaihe vaiheelta ja vaikka yksi lukee ja toiset toimivat ohjeen mukaan. Meillä oli vähän kiirekin, joten minun piti kulkea hoputtamassa ja sanomassa ohjeita. En ollut mitenkään yllätynyt tästä tilanteesta. Tuntuu, että ohjeitten pitäisi olla tosi yksinkertaisia ja vaiheita saisi olla vain muutama. Sinun ohje oli mielestäni hyvä ja kuva erittäin havainnollinen.”*  
(Opettaja 7)

Opettajat 2 ja 3 raportoivat viesteissään toteutuneista kokeiluista ja niiden onnistumisesta:

*”Sain nyt laitettua kansiooni oppilaiden tuotoksia valitsemistani töistä SOLO-taksonomian 4. tasolla. Oppilaiden raportit on tallennettu pdf-tiedostoina. 4. tason työssä (hedelmäparisto) oppilaiden tarkoituksena oli tutkia, kuinka erilaiset muuttujat vaikuttavat sähkökemiallisesta parista saatavaan jännitteeseen (eri metallit parit, eri hedelmät/juurekset). Tietenkin olisin voinut antaa oppilaiden tutkia myös muuttujia, mutta meillä on vain noin 75 minuuttia varattuna yhteen laboratoriotuntiin. Oppilaat onnistuivat suorittamaan mittaukset tässä työssä todella hyvin. He toimivat hyvin omatoimisesti. Pitemmälle edistyneet oppilaat ehtivät tutkia aika monta vaihtoehtoista hedelmäparistoa. Lisäksi oppilaat tuntuivat nauttivan hieman vapaammasta työohjeesta. Sellaisesta, joka sallii oman kokeilun. Kuitenkin siten, että pidetään mielessä työturvallisuus. Liitteenä on yksi oppilaan raportti.”*  
(Opettaja 2)

*”Teetin kemian 2. kurssilla työn kemiallinen yhdiste, jonka olin laatinut eri tasoille (kansiossa liitteenä). Annoin opiskelijoille ennakotehtävänä (kansiossa liitteenä) miettiä kirjallisesti työn kulkua ja luonnetta apukysymysten avulla. Jätin sähkökemian osuuden pois ennakotehtävästä, mutta työosuudessa se toteutettiin. Opiskelijat käyttivät noin 45 min. oppitunnista ennakotehtävään ja lopun työstivät omalla ajalla. Työn suorittamiseen käytettiin 75 min.”*  
(Opettaja 3)

Opettaja 5 raportoi kokemuksistaan palauttamansa SOLO –tehtävän yhteydessä, jolloin hän oli jo ehtinyt kokeilla kahta työtä:

*"Työ tehtiin kemian kurssilla 2 siinä vaiheessa, kun kemiallisia sidoksia on lähdetty käsittelemään; samalla kertauksena kurssin 1 asioista (molekyylien väliset sidokset) ja tutustumisena tarkemmin aineiden hilarakenteeseen. Ryhmällä on vähän työskentelykokemusta. Tämä työ toistetaan unistruktuurisella tasolla sen vuoksi, että opiskelijat saisivat varmuutta omaan kokeelliseen työskentelyyn. Työn suoritus onnistui hyvin (aikaa kului 45 minuuttia tulosten koonti mukaan lukien), välineet löydettiin helposti ja oikeat tulokset havaittiin nopeasti. Ainoastaan heksaaniliukoisuuteen tarvittiin opettajan apua, kun heksaani ei liuottanut työohjeen mukaisella määrällä liuotinta niin, että liukeneminen olisi näkynyt. (Työohjeessa liuottimena bensiini). Johtopäätökset saatiin tehtyä opettajan ohjaamana molekyylien välisten sidosten kertaamisen jälkeen."*

*(Opettaja 5)*

*"Työn suoritus onnistui edellisen tehtävän tulosten avulla helposti. Neljännen ryhmän tutkimusmenetelmän löytämiseen meni hieman enemmän aikaa kuin muilla, koska aineet olivat erilaiset kuin edellisessä tutkimuksessa. Opettajan antamien ohjailevien kysymysten jälkeen ryhmä huomasi tutkia sähköjohtavuutta ja sai halutun tuloksen selville."*

*(Opettaja 5)*

Tutkimushaastattelussa kurssin jälkeen kaikilta neljältä opettajalta tiedusteltiin, mitä mieltä he olivat verkkotutorointijaksosta tapaamisten välillä. Paitsi kiire myös vaikeus jakaa asioita muiden kurssilaisten kanssa paljastui verkkotyöskentelyn passiivisuuden syyksi:

*"Kurssilla ilmeni jo, että joku opettaja kokeili jo toisen tekemää materiaalia ilman lupaa pyytämättäkin, mutta ei se minua haittaa. Kaikkia materiaalia en anna, olen tehnyt valtavasti kemiaan ja matematiikkaan omaa materiaalia, koska olen käyttänyt mielettömästi omaa vapaa-aikaani siihen, satoja tunteja sen materiaalin työstöön, niin jotenkin tuntuu, että siitä haluaisi jonkunlaisen korvauksen."*

*(Opettaja 1)*

*"Kaikki tekivät vain sen minimin, mitä siinä vaadittiin. Jos olisi aikaa ja energiaa enemmän, niin siitä voisi hyötyä enemmän. Onko se suomalainen kulttuuri vai mikä ettei mielellään jaeta kaikkea omaa osaamista kaikille."*

*(Opettaja 2)*

*"Opettajat ovat tottuneet tekemään yksin töitä, se jakaminen on vaikeaa. Huomasin itse, kun menin pienestä lukiosta isoon ja siellä oli toinen kemian opettaja, joka veti samaa kurssia, niin se on ihan eri tilanne. Se on monella, kun on pienestä koulusta eikä ole kollegoja, niin on tottunut, että yksin minä tämän puurran. On arkuutta, että en halua näyttää tyhmältä, että en tätä ymmärrä."*

*(Opettaja 3)*

*"Monella opettajalla on sellainen tiukka asenne, että se minun tehtävä tai juuri se kuinka minä opetan, on oikein. Jos toinen tekee asian eri lailla, niin se ei voi mennä oikein. Monet asiat vaikuttavat siihen, että opettajat eivät välttämättä ole sitä parasta ryhmää tuommoisissa keskusteluissa ja toisten kommentoinnissa ja tekemisissä, niin että ei siihen välttämättä ole sitä porkkanaa (motivoida mukaan keskusteluun)."*

*(Opettaja 4)*

Kokenut Opettaja 1 luuli, että verkkokeskustelu olisi helpompaa nuoremmille opettajille kuin hänelle itselleen, mutta myös nuorelle Opettajalle 4 asia oli uusi ja olisi vaatinut opettelua toimia oudossa ympäristössä:

*”Verkkokeskustelu on meidän ikäisille opettajille uutta. Luulen, että nuoremmat opettajat siihen saa helpommin mukaan, koska he ovat kasvaneet siihen maailmaan.”* (Opettaja 1)

*”Se on aika outo ympäristö kuitenkin silleen, että ei olla totuttu ja toinen on juuri kiireellisyys. Siksi ei välttämättä illalla mentykään sinne, ei jaksettu mennä, sinä kävit siellä ehkä sen kerran ja tuntui, ettei jaksa enempää. Kävin itse muutamia kertoja ja kun sinne aika harva kuitenkaan laittoi mitään ja harva kommentoi yhtään mitään, niin se kuivui kasaan. Osa syy on siinä, että se on outo monelle.”* (Opettaja 4)

Yllättävän vaikeaksi tehtäväksi osoittautui kaikille haastatelluille opettajille palautteen antaminen toiselle opettajalle hänen tehtävästään, josta esimerkiksi Opettaja 3 totesi seuraavaa:

*”Minä olin laiska ihan ajanpuutteen vuoksi kirjoittamaan mutta kävin lukemassa toisten tekemiä töitä. Oli kiva, kun ne löytyivät sieltä. En ole facebookissa ja minusta on kiva, että pääsee nokatusten jakamaan kommentteja. Toisten töiden arviointi on kynnys, että lähdetään kollegan töitä arvioimaan verkkoon, se on kaikille uutta, niin ei osata oikein kommentoida, että mihin asioihin pitää kiinnittää huomiota. Nyt jälkeenpäin kun niitä aukaistiin, niin silmät avautuivat. Varmaan monet ovat käyneet lukemassa mutta eivät jätä kommentteja.”* (Opettaja 3)

Verkkoympäristö ei saanut opettajia osallistumaan keskusteluun ja vertaistuen etsimiseen muilta kurssilaisilta. Yhteisöllinen oppiminen koostuu kolmesta ulottuvuudesta: henkilökohtaisesta orientaatiosta (tiedot, taidot, oppimisen tavoitteet), yhteisölliseen oppimiseen perustuvasta opettajuudesta (oppimiskäsitys, opetusmenetelmät) ja yhteisöllisestä toimijuudesta työyhteisössä. Keskeistä yhteisöllisen oppimisen taitojen kehittymiselle on havaittu olevan teoreettinen ymmärrys yhteisöllisestä oppimisesta ja kokemukset erilaisissa yhteisöissä toimimisesta. (Impiö, Hyvönen & Järvelä, 2014) Yhteisöllistä oppimista vaikeuttava tekijä on oppijan puutteelliset yhteisöllisen oppimisen taidot. Tällöin yksilöllä ei ole valmiuksia työskennellä ryhmässä siten, että hänen osallistumisensa edistäisi sekä yksilön omaa että ryhmän oppimista. (Vuopala, 2014) Yksi lähitapaamiskerta koulutuksen alussa ei riittänyt tuomaan sellaista asian hallintaa, joka olisi antanut kurssilaisille luottamusta keskustella aiheista muiden kanssa. Koska ensimmäisessä lähitapaamisessa esiteltiin monta uutta asiaa, niiden käsittely jäi väkisin pinnalliseksi, mutta lähitapaamisen tarkoitus olikin ollut ohjata opettajia uuden asian äärelle pohtimaan, kokeilemaan ja keskustelemaan eli yhteisöllisen tiedonrakentelun vaiheeseen.

Osallistujat lukivat Optimassa muiden laatimia tehtävän ratkaisuja ja viestejä aktiivisuustaulukon mukaan, mutta ongelmaksi muodostui tiedon tuottaminen: Näytti siltä, etteivät opettajat oikein tienneet mitä heiltä odotettiin vertaistutorointivaiheessa. Tehtävänannon ratkaisu ei näyttäytynyt opettajille keskeneräisenä ehdotuksena ratkaisuksi, jota muokataan edelleen saadun palautekeskustelun pohjalta. Tiedonrakenteluvaiheella ei ollut heille merkitystä, koska tehtävä oli heille valmis ja palautettu. Ja valmis tuotos on joko oikein tai väärin, joko hyväksytty tai hylätty, ja se arvioidaan siitä näkökulmasta, kuten Opettaja 3 kiteytti omia tuntemuksiaan:

*”Kommentoiminen on oma tasonsa; pitää olla hyvin sisällä asiassa, että voit lähteä kommentoimaan muita. Tietynlainen arkuus ja semmoinen puute, että ei minulla ole semmoista tietoa tai ideaa, että kuinka voisi tehdä toisin. Olin teknologiakurssilla, jossa oli verkkoympäristö käytössä, johon tuli tehtävät ja heitin ne sinne, ja sieltä sai katsoa, mitä oli hyväksytty. ... Et voi olla kriittinen, jos et tiedä, mistä pitäisi olla kriittinen ja mitä pitäisi ajatella.”*  
(Opettaja 3)

#### 4.1.5 Yhteenveto koulutuksen kehittämisestä

Clarken ja Hollingsworthin (2002) ammatillisen kasvun mallissa (s. 43) opettajan uskomuksiin ja tietoon vaikuttaa se, kun hän kokeillessaan uutta opetusmenetelmää näkee sen myönteisen vaikutuksen oppilaiden oppimiseen. Tuoreen tutkimuksen mukaan (Coenders & Terlouw, 2015) ammatillisen kasvun malliin pitää lisätä vielä oppimateriaalin kehittämisvaihe, jotta tulokset tuottaisivat uutta pedagogista sisältötietoa ja vaikuttaisivat uskomuksiin ja asenteisiin. Tutkijat vertasivat kahta opettajaryhmää, joista toinen kehitti, kokeili ja edelleen kehitti oppimateriaalia ja toinen opettajaryhmä otti toisen ryhmän valmiiksi kehittämän materiaalin käyttöönsä. Tutkijat havaitsivat, että oppimateriaalin kehittäjien ryhmässä pedagoginen sisältötieto lisääntyi, kun taas ryhmässä, joka käytti valmista oppimateriaalia, ei tapahtunut juuri muutosta. Jälkimmäinen ryhmä itse asiassa sovelsi materiaalia tavalla, joka vastasi heidän pedagogista sisältötietoaan ja uskomuksiaan.

Työohjeen modifiointi eri SOLO-tasojille on oppimateriaalin kehittämistä, joka lisää pedagogista sisältötietoa, mutta jos työohjeita ei oteta käyttöön ja reflektoda niiden toteutusta, se ei vaikuta opettajan käyttötietoon ja uskomuksiin (s.38). Taulukon 19 s. 85 mukaan haastateltujen opettajien pedagoginen sisältötieto muuttui kolmella alueella: Uusia näkökulmia kokeellisuuteen, työohjeen laatu ja työohjeen soveltaminen käytäntöön. Kyselytutkimuksen vastauksista näkyi, että opettajat liittivät koulutuksen jälkeen kognitiivisen toiminnan voimakkaammin osaksi laadukasta kokeellisuutta (Taulukko 13, s. 78).

Schneider ja Plasman (2011) kuvaavat, kuinka tutkimukselliseen lähestymistapaan liittyvä pedagoginen sisältötieto kehittyy neljässä vaiheessa (luku 3.1.3.1). Haastatellut opettajat edustivat lähinnä toista vaihetta, jossa *”tutkimukselliset strategiat ovat ensisijassa mahdollisuuksia kerätä dataa havainnoimalla tai kokeita tekemällä ja ne voivat olla opettajakeskeisiä työtapoja”*, mutta taulukon 19 perusteella oppijakeskeinen tietoisuus lisääntyi koulutuksen aikana pohjustaen siirtymää kohti seuraavaa vaihetta.

Vain puolet opettajista osallistui verkkotyöskentelyyn vaikka kaikki seurasivat, mitä Optimassa tapahtuu. Opettajien palauttamat tehtävät ja kommentit kiinnostivat kaikkia, mutta kynnys keskusteluun osallistumiselle oli monelle liian korkea. Verkkopedagogiikka ja yhteisöllinen oppiminen olivat uusia asioita heille eivätkä opettajat ymmärtäneet, mitä heiltä odotettiin. Verkkopedagogiikka vaatisi oman koulutuksen.

Keskusteluissa koulutuksen aikana selvisi, että opettajilla ei ollut takanaan tutkimusperustaista opettajankoulutusta, ja se näkyi siinä, että tutkimustieto mielekkäästä kokeellisuudesta ei tuntunut velvoittavan heitä kehittämään omaa käytäntöään, vaikka he tutkimuksellisuuden paremmuuden tunnustivatkin. Tiedonrakentelun vaihe jäi puuttumaan, jolloin työohjeiden kehittämissä vaiheissa opettajat eivät saaneet toisiltaan vertaistukea verkossa. Se tulee huomioida koulutuksen jatkokehittämisessä.

## 4.2 TAPAUSTUTKIMUS 2: KOULUTUKSEN JATKOKEHITTÄMINEN

Kevätlukukaudella 2012 toteutettiin lukion kemian kokeellista opetusta kehittämään pyrkivä seuraava koulutus ”*Tutkimuksellisuutta lukion kemian kokeelliseen opetukseen*”, joka perustui edellisenä keväänä pidettyyn vastaavaan koulutukseen (luku 4.1). Edellisessä koulutuksessa saatujen kokemusten ja kerätyn palautteen perusteella koulutuksen toteutukseen tehtiin muutoksia: Lähitapaamisia järjestettiin kahden sijaan kolmena lauantaina ja verkkoympäristö oli vapaaehtoinen.

Edellisessä koulutuksessa opettajat olivat itse valinneet kokeellisen työn, jota modifioivat sopivaksi kevätlukukauden aikana käytännön kokeilua varten. Alkuperäinen tavoite oli ollut ensin esitellä työ muille Optimassa ja sen jälkeen työstää työohjetta edelleen yhteisöllisesti muiden kurssilaisten antaman palautteen avulla. Koska tiedonrakentelu ja palautteen antaminen Optimassa ei toteutunut suunnitellulla tavalla, verkkotyöskentelyvaihe otettiin vapaaehtoisena mukaan kevään 2012 koulutukseen. Opettajat valitsivat yhteydenpidon välineeksi sähköpostin Optiman (tai jonkun muun haluamansa alustan) sijaan. Toisessa lähitapaamisessa opettajat yhdessä tutkivat sekä suosikkitoita että muita oppikirjoista löytyviä kokeellisia töitä muuttaen niitä tutkimukselliseksi yhteisöllisesti kouluttajan avustamana. Ylimääräisessä lähitapaamisessa oli myös aikaa toteuttaa tutkimuksellinen demonstraatio keskustelun tueksi.

Tutkija toimi itse kouluttajana kurssilla ja oli kurssilaisten tavoitettavissa koko kurssin ajan sähköpostitse. Kurssille ilmoittautui viisi opettajaa, mutta lopulta vain kolme heistä osallistui aktiivisesti lähitapaamisiin. Ensimmäinen lähitapaaminen pidettiin 14.1.2012, toinen 28.1.2012, ja kolmas lähitapaaminen, joka oli samalla kurssin lopetus, pidettiin 12.5.2012. Opetusmenetelmänä oli edelleen interaktiivinen luento, jossa pyrittiin luomaan keskusteleva ja avoin ilmapiiri opettajien kesken ryhmäytymisen ja vertaistuen onnistumiseksi. Ennen kurssin alkua kurssille opettajille oli lähetetty sähköpostitse ennakkotehtävä edellisen koulutuksen tapaan:

*”Lähetä kemian kokeellisen suosikkityösi ohje lähteineen siinä muodossa kuin annat sen oppilaille tehtäväksi. Voit myös skannata oppikirjan työn. Miksi se on mielestäsi hyvä työ? Miksi yleensä teetät tai et teetä kokeellisia töitä kemian kurssilla? Miten oppilaat oppivat mielestäsi kokeellisuutta parhaiten? Mitä oppilaat oppivat kokeellisuuden avulla?”*

### 4.2.1 Koulutuksen sisältö

Ensimmäisessä lähitapaamisessa opettajille esiteltiin SOLO-taksonomia teoreettiseksi viitekehykseksi työohjeiden laadullista analysointia varten sekä alustettiin tutkimuksellisesta lähestymistavasta kemian mielekkäässä kokeellisessa opetuksessa. Iltapäivän työpajassa harjoiteltiin SOLO-taksonomian käyttöä muuttamalla opettajien lähettämien suosikkitoiden työohjeita yhteisöllisesti viidelle eri SOLO-tasolle. Kotitehtävä seuraavaan lähitapaamiseen oli seuraava:

*”Valitse työ, jota aiot teettää kevään aikana jollain kemian kurssilla ja pohdi mitä SOLO-tasoa se edustaa. Minkä asteista tutkimuksellisuutta työ edustaa? Miten työstä voisi laatia astetta tutkimuksellisemman? Vrt. luentomateriaali”*

Toisessa lähitapaamisessa keskusteltiin luonnontieteen luonteesta (NOS) ja esiteltiin opettajille toimintatutkimus menetelmänä parantaa ja muuttaa luokahuonekäytäntöjä. Uutena asiana koulutuksessa oli yhdessä opettajien kanssa toteutettu kokeellinen demonstraatio. Klassinen kynttilätutkimus (Birk & Lawson, 1999) havainnollisti sitä, kuinka, huolimatta demonstraation lyhydestä ja yksinkertaisuudesta, siitä saa myös haasteellisen tutkimuksellisen kokeellisen tehtävän oppilaille. Demonstraatio toi myös konkreettisen tilaisuuden pohtia opettajan rooleja tutkimuksellisessa lähestymistavassa. Iltapäivällä opettajat työstivät kollaboratiivisesti kotitehtävän mukaisesti valitsemiaan kokeellisia töitä tutkimukselliseksi ja analysoivat käyttämiensä oppikirjojen kokeellisia töitä SOLO-työkalun avulla.

Toisen ja viimeisen lähitapaamisen välissä opettajien tehtävänä oli kokeilla tutkimuksellista lähestymistapaa kokeellisessa opetuksessaan valitsemallaan kemian kurssilla ja raportoida omasta kokeilustaan muille sekä sähköpostitse että viimeisessä lähitapaamisessa. Koulutuksen päämääränä oli edelleen tuottaa testattua tutkimuksellista opetusmateriaalia lukion kemian opettajien käyttöön.

Kolmannella tapaamiskerralla keskusteltiin aluksi opettajien omista kokemuksista tutkimuksellisten töiden parissa. Lisäksi keskusteltiin kouluttajan lyhyen alustuksen jälkeen arvioinnin merkityksestä tutkimuksellisen toiminnan tukena. Viimeisessä työpajassa tutkittiin kokeiltuja työohjeita.

Pienessä ryhmässä ilmapiiri oli mutkaton ja epämuodollinen keskustelu kurssin teemoista ja muista aiheista oli vilkasta tauoilla lähikahvilassa.

#### 4.2.2 Opettajien valitsemat työt

Neljä opettajaa lähetti sähköisesti omien suosikkitöidensä ohjeita ennen ensimmäistä lähitapaamista (Taulukko 22).

**Taulukko 22** Opettajien valitsemat työt ja niiden SOLO-tasot

	<b>Suosikkityöt</b>	<b>SOLO-taso</b>
Opettaja1	Hiilidioksidin moolitilavuuden määrittäminen Lähde: Mooli 3 (Lehtiniemi & Turpeenoja, 2005, 116)	P; työohje + tulosten käsittely M
Opettaja2	1) Kaasun 1 valmistus ja sen ominaisuuksien tutkiminen, 2) Kaasun 2 valmistus ja sen ominaisuuksien tutkiminen Lähde: Kemisti 2 (Lampiselkä & al., 2005, 116-118)	M M
Opettaja3	1) Aspiiriinin mallintaminen, valmistus ja määrittäminen Lähde: Dimensio 2/2011 s. 39.  2) Suolaliuosten tunnistaminen Lähde: Mooli 3 (Lehtiniemi & Turpeenoja, 120) 3) Alumiinijätteestä alunaa Lähde: Neon 4 (Hannola-Teitto & al., 2008, 93) 4) Tyypillisiä metallien reaktioita Lähde: Neon 4 (Hannola-Teitto & al., 2008, 94)	1) Mallinnus M; Valmistus P; Määrittäminen M 2) Osa 1 M; Osa 2 S  3) P 4) M
Opettaja4	Hiusten proteiinin hydrolysoiminen ja aminohappojen TLC – ajo (Lähdettä ei annettu)	P

P = Prestruktuurinen; M = Multistruktuurinen; S = Suhteellinen SOLO-taso



Opettaja 1 valitsi työn ”Hiilidioksidin moolitilavuuden määrittäminen”, jossa tehdään ensin mittaukset suljettua työohjetta seuraamalla ja sen jälkeen tulosten käsittelyosuuden ohjeita noudattamalla päädytään hiilidioksidin moolitilavuuden arvoon NTP-olosuhteissa. Itse työn suoritus on ohjeistettu prestruktuurisella SOLO-tasolla, mutta yhdessä tulosten käsittelyn kanssa työohje on multistruktuurisella SOLO-tasolla. Työohje tulosten käsittelyineen on todentava, sillä oppija ei voi määritellä tutkimusongelmaa eikä valita tutkimusmenetelmää. Tulosten tulkitseminenkaan ei ole oppijan vastuulla, sillä lopputulos on tietty lukuarvo. Opettaja 1 perustelee seuraavasti, miksi hiilidioksidin moolitilavuuden määrittäminen on hänen mielestään hyvä työ:

*”Työ on kevyt ja nopea. Kummempaa laitteistoa ei tarvita. Opiskelija saa työn kautta mielikuvan siitä, että kaasun moolitilavuus ei ole mistään hatusta temmattu luku, vaan sen lukuarvoa todella voi kokeellisesti tutkia. Lisäksi työssä pääsee käyttämään kaasujen tilanyhtälöä, eli jonkin verran on laskennallisuutta mukana.”*

Opettaja 2 lähetti ennakotehtävänä kahden eri mielityönsä ohjeet, joissa molemmissa tehtävänä on kaasun valmistus ja sen ominaisuuksien tutkiminen. Kumminkin työt ovat multistruktuurisella SOLO-tasolla. Molemmat työt voidaan luokitella myös tutkimukselliseksi, sillä niissä tulosten tulkinta annetaan oppilaan tehtäväksi. Opettaja ei erikseen perustellut, miksi kyseiset työt ovat hänen mielestään hyviä.

Opettaja 3 lähetti peräti neljä mieleistään työohjetta. Ensimmäisessä työohjeessa olevan aspiriinisynteesin hän oli teettänyt jo monta kertaa aikaisemmin käyttäen toista työohjetta, mutta ottanut työkurssillaan käyttöön lähettämänsä Dimension ohjeen. Itse aspiriinisynteesin työohje on prestruktuurisella SOLO-tasolla. Koulussa valmistettu synteesituote oli analysoitu vierailulla Gadolinissa, joka on Helsingin yliopistossa kemian laitoksella sijaitseva kemian opetuksen keskus Kemman koordinoima opetuslaboratorio. Siellä aspiriininäytettä oli mallinnettu käyttäen Spartan-ohjelmaa ja siitä oli ajettu lisäksi IR-spektri. Tuotteen puhtauden tarkistus ja sulamispisteen määrittäminen sekä mallinnus työohjeen mukaisesti suoritettuna ovat multistruktuurisella SOLO-tasolla. Dimension työohjeessa opiskelijoiden piti pitää oppimispäiväkirjaa; Opettaja 3 edellytti opiskelijoiden pitävän perinteistä laboratoriopäiväkirjaa. Opettajan mielestä työ on hyvä työ, koska se on monipuolinen ja hyvä tulos edellyttää opiskelijoilta hyviä tekniikoita ja huolellisuutta. Opettajan ”nörttipojatkin” olivat innostuneet siitä mallinnusosuuden vuoksi.

Suolaliuosten tunnistamistyö on kaksiosainen, joista ensimmäisessä vaiheessa tehdään sakkareaktioita tunnetuilla liuoksilla ja toisessa vaiheessa tunnistetaan ioneja näyteliuoksesta käyttäen hyväksi ensimmäisen vaiheen tuloksia. Ensimmäinen osa on multistruktuurisella ja toinen osa suhteellisella SOLO-tasolla. Toisessa osassa tehtävänantona on ensin tehdä suunnitelma, kuinka selvittää tuntemattoman näytteen sisältämät suolat ja sitten toteuttaa suunnitelma. Tehtävä on ohjattu tutkimuksellinen tehtävä (Taulukko 5 s. 23), jossa opiskelija suunnittelee menetelmän ongelman ratkaisemiseksi ja tulkitsee tulokset. Opettaja 3:n mielestä tämä on hyvä työ, koska työ on helppo suorittaa ja se opettaa opiskelijoille analyysin perusteita. Kun opiskelijat lisäksi valmistavat liuokset itse, työstä tulee hänen mielestään hyvä perustekniikoiden harjoitus.

Työt 3 ja 4 Opettaja 3 toteuttaa ryhmätyönä siten, että neljän hengen ryhmässä osa ryhmäläisistä tekee alunan synteesin ja osa metallien reaktioita, lopuksi molemmat työt esitellään koko ryhmälle. Alunaa voi käyttää edelleen veden puhdistustyössä. Työohje

”alumiinijätteestä alunaa” on laadittu prestruktuurisella ja työohje ”metallien reaktioita” multistruktuurisella SOLO-tasolla. Molemmat työohjeet ovat luonteeltaan todentavia.

Opettaja 4 lähettämä työohje ”Hiusten proteiinien hydrolysoiminen ja aminohappojen TLC-ajo” on prestruktuurisella SOLO-tasolla ja se on myös luonteeltaan todentava. Opettaja ei erikseen kertonut, miksi työ on hänen mielestään hyvä työ eikä antanut sen lähdettä.

#### 4.2.3 Itsenäinen työskentelyjakso lähitapaamisten välisenä aikana

Toisen ja kolmannen lähitapaamisen välisenä aikana opettajien tehtävänä oli kokeilla tutkimuksellista lähestymistapaa kokeellisissa opetuksessaan. Ryhmässä sovittiin, että yhteydenpito tänä aikana tapahtuu sähköpostitse.

Ensimmäisen sähköpostin kouluttaja lähetti 31.1.2012 kaikille, mutta se oli erityisesti suunnattu toisen kerran poissaolevalle opettajalle, joka ei loppujen lopuksi osallistunutkaan kurssille.

*Hei,*

*tervehdys kaikille. Meillä oli oikein mukava lauantapäivä, kun pohdimme työohjeita. Sovimme pitävämme yhteyttä sähköpostitse kevään aikana, joten eiköhän niitä kokeiltavia työohjeitakin saada luettavaksi ja kokeiltavaksi. Emme nimittäin kirjanneet niitä ylös vaan suunniteltiin ja sovittiin muutoksista, joita niihin voisi tehdä. Mutta lopullinen työohje muotoutuu tietenkin tavoitteiden mukaan. Pitkiä töitä ei yleensä voi laittaa kokonaan tutkimukselliseksi, koska yksi oppitunti ei riitä sen tekemiseen. Mielelläni autan ja opastan, jos sinulla on sopivia töitä mielessä, joita haluat kokeilla kursseilla. Muutkin kurssilaiset varmasti osallistuvat.*

*(Opettaja 1) teki ehdotuksen kotitehtävän pohjalta; hän oli miettinyt ja laatinut kolme työtä oppikirjasta suhteelliselle SOLO-tasolle ja sen pohjalta oli kätevää muokata niistä ongelmanratkaisutehtäviä. Ja oppikirjasta löytyy sitten helpompi työohje niille, jotka eivät pysty vielä toimimaan tutkimuksellisesti vaan tarvitsevat yksityiskohtaisia ohjeita. Lauantaina mietimme lähinnä, että mikä on riittävä ohjeistuksen taso. Yksi esimerkki on luentomonisteesta ja lähetän sen postitse yhdessä erään toimintatutkimusartikkelin kanssa.*

*Liitteenä on skannattuna artikkeli, josta oli puhetta lauantaina.*

Viestissä mainittu luentomoniste oli koottu PowerPoint-esityksen dioista ja toimintatutkimuksen esittelyn yhteydessä ryhmäläisille kopioitiin kotiin luettavaksi artikkeli ”Toimintatutkimus: käytännön ja tutkimuksen yhdistäjä” (Leino, 1996). Lopussa mainittu sähköpostin liitetiedostona lähetetty skannattu artikkeli oli kirjan ”Tutkiva oppiminen ja pedagoginen asiantuntijuus” epilogi (Kukkonen, 2009).

10.2.2012 kouluttaja lähetti sähköpostitse kurssilaisille linkin itse kirjoittamaansa artikkeliin, joka julkaistiin Kemian opetuksen päivien verkkojulkaisussa (Tomperi & Aksela, 2008).

Helmikuussa ja maaliskuussa ei ollut yhteydenpitoa. Kouluttaja otti lopulta yhteyttä sähköpostitse huhtikuun alussa 2.4.2012. Silloin käynnistyi keskustelu.

*Hei kurssilaiset!*

*Mitä kuuluu pitkästä aikaa? Ylioppilaskirjoitushässäkkä on ainakin tämän kevään osalta ohi. Toivottavasti kemian koe on mennyt hyvin - se ei minusta näyttänyt ihan helpolta. Oletteko ehtineet kokeilemaan tutkimuksellisia kokeellisia töitä? Oulussa on parin viikon päästä Kemian opetuksen päivät ja pidän siellä workshopin tutkimuksellisuudesta lukion kemiassa. Oletteko menossa Ouluun? Ajattelin kysyä, että olisiko teillä mielessä jokin kokeellinen työ, joka kannattaisi esitellä lukion opettajille (kommentteineen). Teidän opettajien omat kokemukset olisivat niin arvokkaita ja hyödyllisiä.*

Opettaja 3 ehti vastaamaan ensin ja seuraavassa ote hänen viestistään:

*"Enpä ole ehtinyt tutkimuksellisuutta kovasti kokeilla kuin KE2 teoriaopetuksessa. Ko. kurssilla perinteisesti keskitymme essee-vastauksiin ja niitä olemme harjoitelleet. Viidennessä jaksossa minulla on vain KE4 ja 11 hengen ryhmä. Koetan saada tämän porukan kanssa jotain aikaiseksi. Valitettavasti minulla ei ole antaa vinkkejä."*

Opettaja 1 vastasi viestiini ja alla ote hänen viestistään:

*Kakkoskurssille otin muutaman niistä kokeellisista töistä, joista oli silloin viimeksi puhetta: kiinteän aineen tyypin (ioniyhdiste, poolinen molekyyliyhdiste, pooliton molekyyliyhdiste) määrittämisen ja magnesiumoksidin suhdekaavan kokeellisesti määrittämisen.*

*Käytännössä ohjeeni opiskelijoille oli molemmissa tehtävissä sellainen, että tässä on nyt tällainen ongelma ja teidän tehtävänne on se jotenkin ratkaista. Eli jätin tarkemmat reseptit pois. Kokemukset olivat ihan hyviä. Ainetyypin määrittämisessä annoin heille kolme ainetta, joista käskin selvittää ainetyypin jollain tavalla. Aika nopeasti opiskelijat keksivätkin sopivia tapoja. Osa vielä varmisti tuloksensa käyttämällä vaihtoehtoisia keinoja*

*MgO:n suhdekaavan määrittämisessä muistaakseni ohjastin jotenkin näin: "Keksikää tapa määrittää magnesiumin ja hapen muodostaman yhdisteen suhdekaava. Esitelkää työsuunnitelmanne opettajalle ja toteuttakaa suunnitelma." Lopuksi piti vielä pohtia mahdollisia virhelähteitä.*

*Tämä työ olikin sitten hankalampi opiskelijoille. Osa ajatteli, että jostain labravarastosta nyt pitäisi hakea tätä myyttistä Mg:n ja O:n yhdistettä, josta sitten jollain konstilla erotetaan Mg ja O erilleen. Minulla oli kyllä luokassa näytillä kaikenlaisia hyödynnettäviä työvälineitä ja kemikaaleja (mm. Mg-nauhaa), mutta silti jouduin antamaan vihjeen, että tällaista valmista yhdistettä ei ole, vaan se pitää itse valmistaa. Siinä vaiheessa taisivat tajuta, että kaasupolttimiakin oli saatavilla.*

*Laskuista tulikin sitten aika epämääräisiä tuloksia. Virhelähteiden pohtimiseen olisi pitänyt jotenkin osata ohjastaa paremmin, sillä nyt ei oikein kukaan keksinyt sitä, että ehkä virhetulos johtui siitä, että osa magnesiumista jäi reagoimatta.*

Myös opettaja 3 lähetti viestin:

*... Olemme kuitenkin tunnilla rakentaneet Danielin parin ja kuparin elektrolyysilaitteiston.*

*Tunnilla oli 10 oppilasta, joten he rakensivat laitteet kahdessa 5 hengen ryhmässä. Olimme käsitelleet kemiallisen parin ja elektrolyysin tunnilla, mutta emme vielä olleet laskeneet kvantitatiivisia laskuja. Ainoa ohje, minkä oppilaille annoin, oli kehotus rakentaa yo. laitteistot. Heillä oli käytössään omat oppikirjat ja lisäksi Kide4, Neon4 ja Kemisti4 -kirjat. Päästin heidät tarvikevarastoon etsimään tarvikkeet (meillä on tosi hyvä ja järjestyksessä oleva varasto) ja annoin pyynnöstä kemikaalikaapeista tarvittavat aineet (osa liuoksista löytyi valmiina, osan joutuivat valmistamaan itse).*

*Suoriutuivat loistavasti hommasta! Asiaa auttoi varmasti se, että teoria oli käsitelty ja samoilla oppilailla on lisäksi yhtä aikaa sähköfysiikan kurssi.*

*Lisätehtävänä pohtivat lopputunnin, miten valmistaisivat mahdollisimman suurijännitteisen pariston ja mahdollisimman tehokkaan pariston ja toisena tehtävänä pohtivat, miten parantaa laitteistojen suorituskkyä ja missä voi tapahtua virheitä. Tästäkin suoriutuivat hyvin.*

*Lisätehtävän annoin ihan ex tempore, koska en ollut uskonut heidän saavan laitteistoja valmiiksi näin nopeasti. Ryhmät järjestäytyivät oma-aloitteisesti, pohtivat asiat yhdessä ja yksi jäsenistä esitti laitteiston rakenteen ja toimintaperiaatteen toiselle ryhmälle. Olinpa taas ylpeä oppilaistani!"*

Kouluttaja lähetti viestin, jossa lähetti terveiset Kemian opetuksen päiviltä ja kertoi workshopista, johon Opettaja 1:n materiaaaliksi lähettämässä kokeilluissa työohjeissa oli ollut näkyvillä tieto, että kokeellisten töiden osuus oli yhteensä 40 % kurssiarvosanasta.

*"(Opettaja 1:n) kaksi työohjetta olivat workshopissani yhdessä ryhmässä, jossa tutkittavana oli 5 kpl erilaisia tuunattuja töitä. Oli hyvä, että laitoit siihen sen 40 % näkyville! Ryhmän selvittyä järkytyksestä kävimme mielenkiintoisen keskustelun kokeellisuuden arvioinnista."*

Viesti sai myös ryhmässä aikaan keskustelua arvioinnista, joka jatkui viimeisessä lähetapaamisessa. Opettaja 1 lähetti viestin:

*"... Olen nyt KE3-kurssille retusoinut yhden Mooli 3:n töistä avoimempaan muotoon, mutta siitähän tulikin toiselle opiskelijaryhmälle tosi vaikea. Sitä karboksyylihappojen tunnistamistyötä, josta viime tapaamisessa oli puhe, en kyllä nyt ehdi toteuttaa. Tunteja menee tässä viimeisessä jaksossa niin hirveästi kaikkeen muuhun. Mutta onhan se kumminkin olemassa ideavarastossa tulevia lukuvuosia varten.*

*... Tähän kokeellisuuden arviointiin kyllä liittyy sitten vielä ongelmia, joita en ole ihan ratkaissut. Pitäisi keksiä kuhunkin työhön hyvät kriteerit siihen, millainen työskentely riittää mihinkin pistemäärään. Tässä on vielä miettimistä."*

Opettaja 3 lähetti viestin:

*"... Toinen (lupaamani) työ oli: "Tunnista metallit - laadi työohje, miten tunnistat eri metallit ja laadit niiden jännitesarjan. Valitse itse metallit ja niiden liuokset ja muut tarvikkeet." Tässä koko ohje, minkä oppilaat saivat. Saivat tehdä yksin tai kaverin kanssa. Analyysini on vielä vähän kesken, koska viimeiset palauttivat ohjeen tällä viikolla. Alkuvilkaisun perusteella näyttää yllättävän hyvältä. Kaksi linjaa nousee yli muiden: sähköparin hyväksikäyttö ja vertailu normaalielektrodiin (Pt/H<sub>2</sub>)."*

#### 4.2.3.1 Yhteenveto itsenäisen työskentelyn vaiheesta

Itsenäisen työskentelyn vaiheessa tehtävänä oli jakaa muiden kanssa omia kokemuksia tutkimuksellisesta kokeellisuudesta. Työohjeita ja suunnitelmia oli työstetty jo toisessa lähitapaamisessa. Opettajat olivat kiireisiä, mutta toteuttaessaan tutkimuksellisuutta he saivat hyviä kokemuksia. Keskustelu käynnistyi itsenäisellä työskentelyjaksolla vasta, kun kouluttaja lähetti viestin kurssilaisille huhtikuun alussa. Opettaja 2 ei osallistunut lainkaan yhteydenpitoon. Opettaja 1 vastasi viestiin ja kertoi kokemuksiaan pitämistään tutkimuksellisista tunneista, mutta Opettaja 3 innostui kokeilemaan tutkimuksellista kokeellisuutta vasta yhteydenoton jälkeen. Kouluttaja viivytteli tietoisesti yhteydenottoa ylioppilaskirjoitusten yli, mutta ryhmä olisi ehkä voitu saada aktivoitua nopeammin, jos kouluttaja olisi lähettänyt viestin aikaisemmin. Esiin tulleita ongelmakohtia (Opettaja 1) kouluttaja ei lähtenyt purkamaan enää sähköpostitse, koska kolmanteen lähitapaamiseen oli enää muutama päivä aikaa.

Myöhemmin teemahaastattelussa Opettaja 1 vastasi seuraavasti kysymykseen *Olisiko kouluttaja voinut ottaa useammin yhteyttä sähköpostitse?*

*”Olisi. Minusta oli aika tärkeää, että otit sähköpostilla yhteyttä välissä. Toisen tapaamiskerran jälkeen sanoit, että olisi kiva kuulla sähköpostilla, mutta eipä niitä posteja saanut läheteltyä, vaikka se mielessä oli ja muistissa. Itse lähetit terveisiä, niin semmoiseen oli sitten helppo vastata.”*

Toisaalta hän kuitenkin totesi:

*”Kun sulla oli ne Kemian opetuksen päivät ja kyselit sinne juttua, niin se meni luontevasti sen kautta. Mutta jos sulla ei olisi ollut sellaista asiaa, niin en tiedä, jos olisit useamman kerran ottanut yhteyttä, niin olisinko jaksanut tehdä jotain vastinetta.”*

#### 4.2.4 Opettajien laatima materiaali

Kurssin kuluessa opettajat ilmoittivat testanneensa seuraavia tutkimuksellisia työohjeita:

Opettaja 1: 1) KE2 Kiinteän aineen tyypin selvittäminen (Liite 3)

2) KE2 Suhdekaavan kokeellinen selvittäminen (Liite 4)

Opettaja 2: 1) Gör ett minibatteri och få en LED -lampa att lysa. (Liite 5)

Opettaja 3: 1) Rakentakaa Daniellin pari/Kuparin elektrolyysilaitteisto. Miten valmistaisitte mahdollisimman suurijännitteisen pariston ja mahdollisimman tehokkaan pariston? Miten parantaisitte laitteistojen suorituskykyä? Mitä virhelähteitä löydätte?

2) Tunnista metallit - laadi työohje, miten tunnistat eri metallit ja laadit niiden jännitesarjan. Valitse itse metallit ja niiden liuokset ja muut tarvikkeet.

Työohjeet ovat suhteellisella SOLO-tasolla ja edustavat ohjattua tutkimuksellista kokeellisuutta (Taulukko 5 s. 23).

## 4.2.5 Koulutuksen toteutus ja vaikuttavuuden arviointi

Tässä luvussa tutkitaan koulutuksen onnistumista ja vaikuttavuutta opettajille suunnatun kyselyn ja yhden opettajan haastattelun pohjalta.

### 4.2.5.1 Kyselytutkimus koulutuksen jälkeen

Koulutuksen lopuksi opettajat vastasivat kolmiosaiseen kyselykaavakkeeseen, joka on sama kuin edellisen koulutuksen yhteydessä käytetty (Liite 3).

#### *Yleistä tietoa kokeellisesta opetuksesta*

Kaikki kolme kurssille osallistunutta opettajaa olivat hyvin kokeneita lukion opettajia, sillä he olivat opettaneet 8-12 vuotta lukiossa (Taulukko 23). Opettajat kertoivat pitävänsä keskimäärin 2-3 kokeellista oppituntia kurssia kohden, mutta lisäksi Opettaja 2 kertoi teettävänsä useampia lyhyitä töitä. Kukaan opettajista ei kertonut teettävänsä niitä siksi, että opiskelijat oppisivat paremmin kemiaa vaan syiksi mainittiin kemian luonne kokeellisena tieteenä, motivointi, havainnollistavuus ja tiedon sisäistämisen helpottaminen. Syyt kokeellisuuden tekemättä jättämiselle ovat suuret ryhmät ja aikapula.

**Taulukko 23** *Perustelut kokeellisuuden teettämiselle tai teettämättä jättämiselle*

	<b>Työkokemus lukiossa (yhteensä)</b>	<b>Kokeellisia töitä/kurssi (ka.)</b>	<b>Miksi 1) teettää, 2) ei teetä kokeellisia töitä lukiossa?</b>
Opettaja 1	8 (8)	3	1) Kemia kokeellinen tiede, motivointi 2) Isot ryhmät; aikapula
Opettaja 2	12 (12)	2 + lyhyitä töitä	2) Aikapula; isot ryhmät
Opettaja 3	8 (20)	2	1) Havainnollistavat teoriaa; auttavat sisäistämään tietoa

#### *Täydennystehtävät*

Ensimmäisessä täydennystehtävässä (Taulukko 24) opettajat kuvasivat tutkimuksellista kokeellisuutta luettelemalla joko yhden tai useampia ominaisuuksia unistruktuurisella tai multistruktuurisella tasolla. Yhden opettajan mukaan tutkimuksellinen kokeellisuus on sellaista kokeellisuutta, jonka kautta opitaan, mutta ei selitetä, kuinka se toteutetaan.

**Taulukko 24** *Opettajien täydennykset lauseen aloitukseen ja niiden SOLO-tasot*

<b>Tutkimuksellinen kokeellisuus tarkoittaa ...</b>	<b>SOLO-taso*</b>
... avointa, opiskelijalle vastuun siirtävää oppimista.	M
... että kokeellisuuden kautta opitaan.	U
... sitä, että ongelmaa eli uutta asiaa lähestytään tutkivasti.	U

\*U = unistruktuurinen; M = multistruktuurinen

Opettajien mielestä hyvä kokeellinen työ mm. opettaa teoriaa, on helppo suorittaa, nopea ja havainnollistava (Taulukko 25). Kaikissa vastauksista voi löytää ajatuksen siitä, että kokeellinen työ voi selittää asioita tavalla, jota itse pelkästään kirjoista lukemalla on vaikea oppia.

**Taulukko 25** Opettajien täydennykset lauseen aloitukseen ja niiden SOLO-tasot

Hyvä kokeellinen työ lukion kemiassa on ...	SOLO-taso*
... uusi tai käyttää uusia puolia vanhasta, on liitettävissä teoriaan (esim. selittää sitä tai varmistaa teorian toimivuuden), ei vaadi erityisiä laitteita ja liikaa aikaa.	M
... helppo suorittaa mutta oppilas oppii jotakin, jota kirjasta ei ole helppo oppia.	M
... havainnollistava, selittävä.	M

\*M = multistruktuurinen.

Oppimiskäsitystä luotaavassa tehtävässä oppimista ajatellaan tapahtuvan ennen muuta aiheita pohdittaessa, joko yksin tai yhdessä (Taulukko 26). Esimerkkejä ei ole annettu tai selitetty pohdinnan luonnetta tarkemmin; yhdessä vastauksessa mainitaan reflektio.

**Taulukko 26** Opettajien täydennykset lauseen aloitukseen ja niiden SOLO-tasot

Kemian oppimista tapahtuu, kun ...	SOLO -taso*
... opiskelijat pohtivat aiheita yhdessä.	U
... oppilaat saavat miettiä ja itse vastata/ löytää vastauksia.	M
... tehdään, havainnoidaan ja reflektoidaan.	M

\*U = unistruktuurinen; M = multistruktuurinen

### SOLO-työkalu

Kyselykaavakkeen kolmannessa osassa selvitettiin opettajien käsityksiä ja kokemuksia SOLO-työkalusta. Vastausten pienen määrän vuoksi niitä ei ole tiivistetty pelkistettyjen ilmausten muotoon, kuten ensimmäisessä tapaustutkimuksessa. Vastausten perusteella voidaan havaita, että opettajat pitävät SOLO-työkalua hyödyllisenä.

**Kysymys 1.** Mitä uutta SOLO-työkalu tuo kemian kokeellisuuden opetukseen?

*"Se helpottaa kokeellisten töiden valintaa/muokkaamista/laatimista omalle ryhmälle sopivaksi."*

(Opettaja 1)

*"Helpottaa opettajan työtä, sillä nyt katson työohjeita uusin silmin."*

(Opettaja 2)

*"Auttaa sijoittamaan tiedon oikealle vaikeustasolle ja muokkaamaan opetuksen sen mukaisesti."*

(Opettaja 3)

SOLO-työkalu helpottaa kokeellisten tuntien suunnittelua. Kahdessa vastauksessa näkyy, että opettaja ei valitse kokeellista työtä vain tunnilla käsiteltävän teorian perusteella vaan hänellä on laajempi näkökulma kokeellisen opetuksen toteutukseen: Opettaja 1 lähtee oman opetusryhmän laadusta (yksilöt, kokemus, tavoitteet, yms.), jonka suhteen hän valitsee kokeellisen työn tai muokkaa sen ryhmälleen sopivaksi, ja Opettaja 3 tulkitsee käsiteltävän asian (työohjeen) tietyllä SOLO-tasolla ja toteuttaa opetuksen sen mukaisesti.

**Kysymys 2.** Mitä vaikutuksia SOLO-työkalun käytöllä on opiskelijoiden kemian oppimiseen?"

*"Vaativustasoa voidaan porrastaa. Opiskelijoiden ikätasot mukaan."* (Opettaja 1)

*"Opettaja tietää mitä voi odottaa, että oppilas oppii."* (Opettaja 2)

*"Edistää sitä, kun käytetään oikein."* (Opettaja 3)

Vastauksista toiseen kysymykseen ilmenee, että Opettaja 1:n mukaan SOLO-työkalu tukee toteutusta, jossa siirrytään vaiheittain suljetusta kokeellisuudesta (työohjeiden kvantitatiiviselta SOLO-tasolta) kohti tutkimuksellisuutta (kvalitatiiviselle SOLO-tasolle). Vaativustasojen porrastaminen voi myös tarkoittaa opetuksen eriyttämistä, jolloin samassa oppilasryhmässä tehdään samaa tehtävää eri vaikeusasteella olevien työohjeiden mukaan. Opettaja 2 näkee SOLO-työkalun avulla valitun tai laaditun työohjeen eduksi oppimisen ennustettavuuden: kvantitatiivisella SOLO-tasolla toteutetun työn kautta opitaan eri asioita kuin kvalitatiivisella SOLO-tasolla. Opettaja 3:n mukaan SOLO-työkalu edistää oppimista, jos sitä käytetään oikein, mutta ei perustele, mitä hän tarkoittaa oikealla tai väärällä käytöllä.

**Kysymys 3.** Mitä haasteita on mielestäsi SOLO-työkalun käyttämisessä?

*"Uuden työkalun käyttöönotto vie aina aikaa."* (Opettaja 1)

*"Aina haluaisi avoimia töitä, mutta aika ei riitä."* (Opettaja 2)

*"Aluksi hankala hahmottaa eri tasoja, mutta harjoituksen kautta varsin helppo työkalu."* (Opettaja 3)

Vastauksista näkyy, että uusi asia vaatii harjoittelua. Itse työkalu ei ole liian vaikea käyttää, mutta Opettaja 2 näkee ongelmalliseksi ylipäättään toteuttaa avoimia tutkimuksellisia tehtäviä kemian kursseilla ajanpuutteen vuoksi.

#### 4.2.5.2 Haastattelu

Koulutuksen jälkeen kouluttaja haastatteli yhtä opettajaa. Opettaja 1 oli luonnollinen valinta haastateltavaksi sen perusteella, että hänellä ainoana oli aikaa jäädä viimeisen lähitapaamisen jälkeen haastatteluun ja hän oli lisäksi ollut aktiivinen osallistuja kurssilla. Teemahaastattelussa noudatettiin edellisessä tutkimuksessa käytettyä haastattelurunkoa. Haastattelu nauhoitettiin ja litteroitiin. Haastattelututkimuksessa etsittiin vastauksia kahteen tutkimuskysymykseen: 1) Miten tutkimuksellinen lähestymistapa sopii lukion kemian kokeelliseen opetukseen? ja 2) Mitä lisäarvoa SOLO-työkalu tuo lukion kemian kokeellisen opetuksen tukemiseen?



1) Miten tutkimuksellinen lähestymistapa sopii lukion kemian kokeelliseen opetukseen?

Opettaja vastasi suoraan kysymykseen seuraavasti:

*"Se sopii tosi hyvin. Ne ovat jo sen ikäisiä opiskelijoita, että niistä voi olettaa, että ne osaavat itsenäisesti jo tehdä jotain, ja kun tekee ryhmätöitä, niin ei tarvitse yksittäisen opiskelijan kaikkea itse osatakaan."*

Opettaja kertoi koulutuksen alussa, että oli tyytymätön omaan kokeellisuuden opetukseensa ja sama perustelu koulutuksen aloittamiselle tuli esille haastattelussa:

*"Minä tulin koulutukseen, koska olin huolissani, koska kokeellisuus oli irrallisia kokeita, tai niin minusta tuntui. Minä en saanut niitä liitettyä mihinkään asiaan välttämättä tai arviointiinkaan."*

Haastattelututkimuksen ensimmäisen osan vastausten sisällönanalyysissä muodostui kolme kategoriaa tutkimukselliseen lähestymistapaan liittyen, jotka olivat 1) työohjeiden modifioiminen (tuunaaminen) 2) oppijakeskeinen lähestymistapa ja 3) opettajan kokemukset ja asenteet.

Työohjeiden tuunaamisella opettaja tarkoittaa kokeellisen työn muuttamista avoimemmaksi tehtävänannoksi. Työohjeen runko pitää olla valmiina, jolloin siitä on helppo lähteä työstämään työohjetta:

*"On hirveän suuri apu, että on materiaalia olemassa. Tämän kurssin puitteissa olen ruvennut ajattelemaan sitä, miten niistä voisi muokata avoimempia töitä."*

Opettaja oli yllätynyt siitä, kuinka positiivisesti opiskelijat olivat suhtautuneet uuteen tehtävätyyppiin:

*"Minusta he jotenkin ilahtuivat ja pitivät jännittävänä sitä, että se tehdään käytännössä mitä he olivat kotitehtävänä suunnitelleet."*

Opiskelijat olivat olleet myös valmiita kokeilemaan uutta:

*"Viime työssä esimerkiksi he ovat olleet päämäärätietoisia, että nyt ruvetaan tekemään kokeellisia juttuja."*

Toisaalta, opettaja ei ollut uskonut kaikkien opiskelijoiden kykenevän tekemään tutkimuksellista kokeellisuutta ja siksi hän koki, että hänellä oli ollut onnea ryhmän koostumuksen suhteen:

*"Voihan se (työohje) olla liiankin avoin mutta on voinut olla hyvää tuuria, että on sattunut sellaiset opiskelijat, jotka ovat tajunneet, mistä on kysymys."*

Työohjetta modifioidessaan opettaja joutuu huomioimaan oppilaiden kyvyt ja taidot, jolloin vaatimustaso määräytyy kulloisenkin opiskelijaryhmän mukaan. Opettajalle oli

muodostunut positiivinen käsitys siitä, että jos työ on liian vaativa, työohjetta muokkaamalla sen saa sellaiseksi, että opiskelijat suoriutuvat siitä:

*”Jos en olisi onnistunut kaikissa opiskelijaryhmissä, niin sitten olisin tehnyt vähän erilaisen työohjeen.”*

Tutkimuksellisessa lähestymistavassa oppilaille ei anneta suoraan kaikkea ohjeistusta vaan pyritään ohjaamaan heitä epäsuorasti ajattelemaan ja suunnittelemaan itse toimintaa. Tämä periaate (ns. scaffolding) tarkoittaa tilanteen mukaista ja oikean tasoista kognitiivista tukea. Opettaja kertoo, kuinka pyrkiessään ohjaamaan oppilaita toimimaan haluamallaan tavalla, nämä olivat jättäneet sen huomiotta pelätessään ohjauksen vaikuttavan kielteisesti heidän arvosanaansa. Oppilaat ovat sisäistäneet koulussa tietyn toimintamallin ja opettajan toimiessa eri tavalla kuin aikaisemmin, hän yllättäen havaitsi sen olemassaolon:

*”Kerroin, että voitte käyttää apuna sitä, mitä tästä luokasta löytyy, niin eivätpä ottaneet sitä kuuleviin korviinsa vaan pohtivat mieluummin itse. Erityisesti, kun tehtävänä oli magnesiumoksidin suhdekaavan määrittäminen ja molemmat ryhmät ajatteli, että siellä on varastossa jossain se magnesiumoksidi, niin he eivät käyneet edes katsomassa työvälineitä, joita olin kasannut: oli magnesiumia ja oli kaasupoltin.”*

Uudenlaisessa oppimistilanteessa opettaja joutuu kohtaamaan oppilaiden yllättäviä reaktioita. Oppilailta odotetaan itseohjautuvuutta ja itsenäisyyttä koulumaailmassa, mutta siitä asenteesta voi muodostua ongelma, jos oppijat sen vuoksi eivät hakeudu vuorovaikutukseen opettajan kanssa. Esimerkiksi sellaiset oppilaiden käsitykset ja uskomukset, jotka vaikeuttavat oppimista, eivät tule opettajan näkyville vuorovaikutuksen puutteen vuoksi. Opettaja kuitenkin jälkikäteen pohtiessaan ymmärsi, kuinka hänen tulee jatkossa toimia vastaavassa tilanteessa:

*”Ja minä osaan painostaa heitä enemmän tutustumaan työvälineisiin, jos tulee sen tyyppinen työ, että tarvitaan työvälineitä. Tai jos ryhmä jumittaa, niin tulee käsky, että nyt lähdetään katsomaan työvälineitä.”*

## 2) Mitä lisäarvoa SOLO-työkalu tuo lukion kemian kokeellisen opetuksen tukemiseen?

Haastattelututkimuksen toisessa osassa haettiin vastauksia toiseen tutkimuskysymykseen SOLO-työkalun merkityksestä. Haastattelussa nousi 28 ilmaisua tai lausetta, jotka käsittelivät SOLO-taksonomiaa tai työohjeen muuttamista tutkimukselliseksi eli tuunausta. Näistä lauseista tiivistetyt 44 pelkistettyä ilmausta voitiin jakaa seitsemään eri alaluokkaan (Taulukko 27). Sama ilmaus voi esiintyä useammassa ryhmässä. Alaluokat on lisäksi sovitettu teoriaohjautuvasti ensimmäisen syklin tutkimushaastattelun sisällönanalyyysissä induktiivisesti muodostettuihin yläluokkiin (Taulukko 19 s. 85).

Ensimmäinen alaluokka kuvaa tutkimuksellisen kokeellisuuden piirteitä. SOLO-työkalu avasi ja perusteli haastattelulle tutkimuksellisen kokeellisuuden merkitystä ja toteutusta. Tutkimuksellinen lähestymistapa oli ollut hänelle tuttu käsitteenä, mutta SOLO-taksonomian kautta hän ymmärsi, mitä sillä tarkoitetaan:

*”Tutkimuksellinen opettaminen ei ollut käsitteenä uusi asia mutta se on avautunut tässä kuitenkin ihan eri tavalla.”*

Tutkimuksellisen lähestymistavan hän määrittelee seuraavasti:

*”Tutkimuksellinen lähestymistapa tarkoittaa nyt konkreettisesti sitä, että minä annan avoimempia tehtäviä eli siis kokeellisia töitä avoimin ohjein ja pistän opiskelijat tekemään itse suunnitelmia.”*

Toinen alaluokka käsittelee tutkimuksellisen työohjeen luonnetta ja tutkimuksellisen työohjeen tuottaminen edellyttää haastatellun mielestä työohjeen rakenteen radikaalia muuttamista eli käytännössä yksinkertaistamista:

*”Reseptinomainen rakenne on rikottu ja se (työohje) on ikään kuin muutettu takaisin käsikirjoitukseksi siitä, mitä tässä pitäisi tutkia.”*

Sopivan kokeellisen työn valitseminen on aiemmin toteutunut sen perusteella, mikä työ on ollut helppo toteuttaa käytettävissä olevilla resursseilla ja sopii parhaillaan opiskeltavaan teoriaan, mutta nyt myös oppijälähtöisyys, joka on kolmas alaluokka, nousee tärkeäksi lähtökohdaksi kokeellisten töiden suunnittelussa ja toteutuksessa. SOLO-taksonomia oli tuonut heti kurssin alussa kokeellisen työn ja oppimisen laadun välisen yhteyden esille:

*”Kun esittelit SOLO-taksonomian, niin minusta tuntui järkevältä ne taksonomian eri tasot ja silloin tuntui siltä, että ei pistä oppilaiden täyttää potentiaalia käyttöön, jos heiltä pyytää vain perinteisten töiden tekemistä.”*

Kun oppilasryhmä työskentelee ongelman parissa, välillä syntyy tilanteita, joissa ei päästä eteenpäin, mikä hidastaa työskentelyä ja voi jopa käydä niin, että työ jää kesken ajanpuutteen vuoksi. Tällöin opettaja joutuu puuttumaan tilanteeseen ja kertomaan, kuinka edetä. Opettaja näkee nyt, että ongelma voi johtua työohjeesta, jota voisi muokata oppijoille sopivampaan muotoon, ja toteaa:

*”SOLO – työkalu voisi maanläheistää työohjeita siinä tilanteessa, jos asia jumittuu.”*

Neljäs alaluokka kuvaa sitä, kuinka SOLO-taksonomia antoi opettajalle konkreettisen tavan nähdä oppiminen kehittymisenä, jossa oppilas siirtyy alemmalla osaamisen tasolta seuraavalle. Asia ei ole kuitenkaan helppoa saada tapahtumaan ja vaatii harjoitusta:

*”Antaisi opiskelijalle mahdollisuuden nousta seuraavalle tasolle. Kuulostaa aika ihanteelliselta tilanteelta ja tällöistä pitäisi treenata kovasti.”*

Hän tulkitsee myös omien oppimisen ohjaajan taitojen kehittymisen tapahtuvan siirtymisenä alemmalla tasolta ylemmälle:

**Taulukko 27 SOLO-taksonomian mahdollisuudet tukea opettajaa toteuttamaan tutkimuksellista lähestymistapaa kokeellisessa opetuksessa.**  
*Teoriaohjaavan sisällönanalyysin ylä- ja alaluokat*

Yläluokka	Alaluokka	Pelkistetty ilmaus
Tutkimuksellisuuden toteuttaminen	1. Tutkimuksellisen kokeellisuuden piirteitä	Avoim tehtävä; Oppilaat suunnittelevat; Yksinkertainen työ; Erilaisten työohjeiden tarve; Oppilaat kuvailevat prosessia; Oppilasryhmän toiminnan seuraaminen; Tutkimuksellisen lähestymistavan ymmärtäminen
	2. Työohjeen luonne	Tehtävä eri SOLO-tasoilla; Tuunattavissa oleva; Työohjeen rakenne; Työohje pelkistetty visioksi; Oppimista edistävä; Oppilasta aliarvioiva/yliarvioiva; Siirtyminen tasolta toiselle; Työohjeiden vertailtavuus
Oppijakeskeisyyden lisääntyminen	3. Oppijälähtöisyys	Oppilaat suunnittelevat; Työn tason arviointi; Eriyttäminen; Oppimisen edistäminen; Oppilaiden potentiaali; Erilaisten työohjeiden tarve; Maanläheinen työohje; Jumittumisen purkaminen; Oppilasryhmän toiminnan seuraaminen; Oppilasryhmän toiminnan tason arvioiminen; Keskustelun tason arvioiminen; Siirtyminen tasolta toiselle
	4. Kehittyminen	Opettajan toiminnan taso; Oppilaan toiminnan taso; Tavoite korkeammalle tasolle; Nousu korkeammalle tasolle; Siirtyminen tasolta toiselle; Eritasoiset työohjeet; Keskustelun tason arvioiminen; Yleistämisen tukeminen; Asioiden välisten yhteyksien näkeminen
SOLO-taksonomian tuoma lisäarvo	5. Työkalu	Tehtävän pohtiminen eri SOLO-tasoilla; Kokeellisen työn valitseminen; Oppikirjojen töiden hahmottaminen; Tutkimuksellisen lähestymistavan ymmärtäminen; Työohjeen rakenteen rikkominen; Tuunaamisen mekaaninen luonne; Työohjeiden vertaileminen; Jumittumisen purkaminen; Suunnitteluapu; Prosessin kuvaus eri tasoilla; Arviointityökalu
	6. Motivaatio	Siirtyminen tasolta toiselle; Oman tuntuinen työohje; Oppimisen edistäminen; Eri SOLO-tasojen järjestyminen; Tuunaamisen mielekkyys; Tarve eritasoisille työohjeille; SOLO-työkalu motivoiva tekijä kurssin alussa; Suunnitteluapu; Tutkimuksellisen lähestymistavan ymmärtäminen
Haasteet liittyen tutkimukselliseen kokeellisuuteen	7. Oman kokeilun edellytykset	Tutkimuksellisen lähestymisen ymmärtäminen; Pieni ryhmäkoko; Suunnitteluapu; Vaatii harjoittelua; Valmis materiaali lähtökohtana; Ei edellytä liikaa vaivannäköä

*”Nyt koen olevani sellaisella tasolla, että minulla on jokin tietty työ mielessäni ja siitä minä retusoin avoimen toimeksiannon oppilaille, että miettikääpäs tällamoista asiaa. Mutta jos siinä pääsisi vielä korkeammalle tasolle, teorian yksittäisten pointtien tasolle ja pyytäisin opiskelijoilta, että miettikääpä, kuinka tutkisitte tätä ...”*

Viides alaluokka on nimetty työkaluksi, joka nimensä mukaisesti auttaa opettajaa konkreettisesti eri työvaiheissa sopivan kokeellisen työn valitsemisesta arviointiin saakka. Opettaja toteaa lyhyesti, että SOLO-taksonomia on ”suunnitteluapu”. Lisäksi hän sanoo:

*”Nythän tämän kurssin puitteissa olen ruvennut ajattelemaan sitä, että miten niistä (oppikirjan kokeellisista töistä) voisi muokata avoimempia töitä; sekin vaikuttaa kokeellisen työn valintaan.”*

Kuudes alaluokka on motivaatio, sillä SOLO-työkalu auttoi opettajaa ymmärtämään tutkimuksellista lähestymistapaa ja toisaalta motivoi jatkamaan kurssilla:

*”Alkuvaiheessa sen (SOLO-työkalun) merkitys on ollut perusteleva, motivoiva tekijä.”*

*”Koska oli tämmöinen kotitehtävä, niin tuntui, että se oli tehtävä, mutta tuunaamisen mielekkäys tuli SOLO-taksonomian pohtimisesta silloin ensimmäisellä kerralla.”*

Työohjeiden muokkaaminen omalta osaltaan lisää motivaatiota, kun sen seurauksena työohjeista tulee itse tehdyn oloisia:

*”Kokeellisesta työstä on myös sitä kautta tullut omemman tuntuinen, se tuntuu nyt sitten omalta työltä.”*

Seitsemäs alaluokka kokoaa asioita, jotka ovat edellytyksiä tutkimuksellisen työn käyttöönottamiselle ja kokeilemiselle koulussa eli opettajan ymmärtää, mitä tutkimuksellisuudella tarkoitetaan ja että ryhmä koko on riittävän pieni. Sellaista materiaalia täytyy olla valmiina, josta voi modifioida sopivan työn eikä opettajan tarvitse suunnitella sitä itse kokonaan. Tällöin kokeilemisesta ei tule liian vaivalloista:

*”Minulla on ollut kiva pieni ryhmä nyt; on ollut mahdollista kokeilla.”*

#### **4.2.6 Yhteenveto kurssin jatkokehittämisestä**

Työohjeiden modifioiminen yhteisöllisesti lähitapaamisessa varmisti sen, että opettajien koulussa kokeilemat työohjeet olivat tutkimuksellisia, sillä ensimmäisessä koulutuksessa opettajat raportoivat myös ei-tutkimuksellisten työohjeiden kokeilemisestä (luku 4.1.4.4). Kyselyn mukaan SOLO-taksonomia koettiin hyödyllisenä, koska se helpottaa kokeellisten tuntien suunnittelua. Opettajilla on myös realistinen kuva siitä, mitä oppilaat voivat oppia ja he kokevat voivansa säädellä sen mukaisesti tehtävänannon vaikeustasoa.

Sisällönanalyysi taulukossa 19 sivulla 85 antoi viitteitä siitä, että SOLO-taksonomia lisäsi osaltaan opettajien pedagogista sisältötietoa alueilla, jotka liittyvät tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttamiseen ja oppijakeskeisyyden lisääntymiseen. Teorialähtöinen sisällönanalyysi (Taulukko 27) jatkokehittämisen yhteydessä tarkensi näitä alueita siten, että SOLO-taksonomia tuki tutkimuksellisuuden toteuttamista seikoilla, joita opettaja liitti tutkimuksellisen kokeellisuuden ominaispiirteisiin ja tutkimuksellisen työohjeen luonteeseen ja SOLO-taksonomia tuki oppijakeskeisyyden lisääntymistä seikoilla, jotka opettaja liitti oppijalähtöisyyden ja kehittymisen ideoihin. SOLO-taksonomian tuoma lisäarvo liittyi opettajalle sen konkreettiseen toimintaan työkaluna ja se motivoi häntä aloittamaan ja toteuttamaan tutkimuksellista kokeellisuutta opetuksessaan.

Yhteydenpito sähköpostitse onnistuu myös hyvin, kun osallistujat ovat aktiivisia.

### 4.3. TAPAUSTUTKIMUS 3: KOULUTUS THAIMAASSA

LUMA -keskukselta oli tilattu koulutus Thaimaahan tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja se toteutettiin kehittämistutkimusta soveltaen väitöskirjatutkijan johdolla. Seuraavassa kuvataan koulutuksen tutkimus Thaimaassa.

#### 4.3.1 Mahidol Wittayanusorn School (MWITS)

Mahidol Wittayanusorn School (MWITS) on vuonna 1990 Thaimaahan perustettu mallilukio ja sisäoppilaitos, joka sijaitsee Mahidol yliopiston kampuksella Salayassa, Nakhom Pathomin provinssissa. Luonnontieteisiin ja matematiikkaan erikoistunut koulu on perustettu tukemaan ja edistämään luonnontieteiden, matematiikan ja teknologian kehitystä Thaimaassa kouluttamalla maan lahjakkaimpia nuoria. Joka vuosi kouluun hakee noin 20 000 nuorta opiskelemaan. Luokka-asteita 10-12 opiskelee yli 700 15-18 -vuotiasta nuorta.

Koulun opetussuunnitelma perustuu valtakunnalliseen opetussuunnitelmaan, joka on laajennettu vastaamaan erityiskoulun tarpeita. Opetussuunnitelman sisällöt on laadittu vastaamaan kemian, fysiikan ja biologian osalta tiedealojen olympialaisten vaatimustasoa. Opetussuunnitelmaa kehitetään jatkuvasti ja viimeisimmässä uudistuksessa siihen on sisällytetty tutkimuksellinen lähestymistapa (inquiry-based teaching) ja luonnontieteen luonne (NOS), jotta opiskelijat tutustuisivat kouluaikana luonnontieteiden tutkimukseen ja luonnontieteelliseen ajatteluun.

Koulun oppilaat ovat osallistuneet vuosien varrella menestyksellisesti sekä tiedeolympialaisiin että kansainvälisille tiedepäiville (Science fair). Vuodesta 2005 lähtien MWITS on isännöinyt valtakunnallisia tiedepäiviä, joissa delegaatiot eri puolilta Thaimaata olevista lukioista ovat saapuneet esittelemään tutkimusprojektejaan. Vuonna 2014 tiedepäivät, joihin kouluttaja osallistui, olivat ensimmäistä kertaa kansainvälinen tapahtuma. Kukin osallistuva koulu oli lähettänyt yhden opettajan ja kolmen oppilaan delegaation, jotka esittelivät paitsi omaa tutkimusprojektiaan myös kouluaan, maataan ja kulttuuriaan.

Kemian laitoksella työskentelee viisi kemian opettajaa ja kaksi laboratorioapulaista, jotka huolehtivat hyvin varustetusta analytiikan laboratoriosta ja ohjaavat oppilaita laitteiden käytössä. Kemian laitoksella työskentelee lisäksi monitieteisestä luonnontieteiden opetuksesta (science teaching) väitellyt koordinaattori-opettaja, jonka opetusalueeksi on määritelty luonnontieteen tutkimus (scientific inquiry), NOS, luovuus ja innovaatiot. Hänellä on käytössään iso luokka työpajoihin, joissa oppilaat keksivät ja toteuttavat erilaisia monitieteisiä tiede- ja teknologiaprojekteja erillisillä tiedekursseilla.

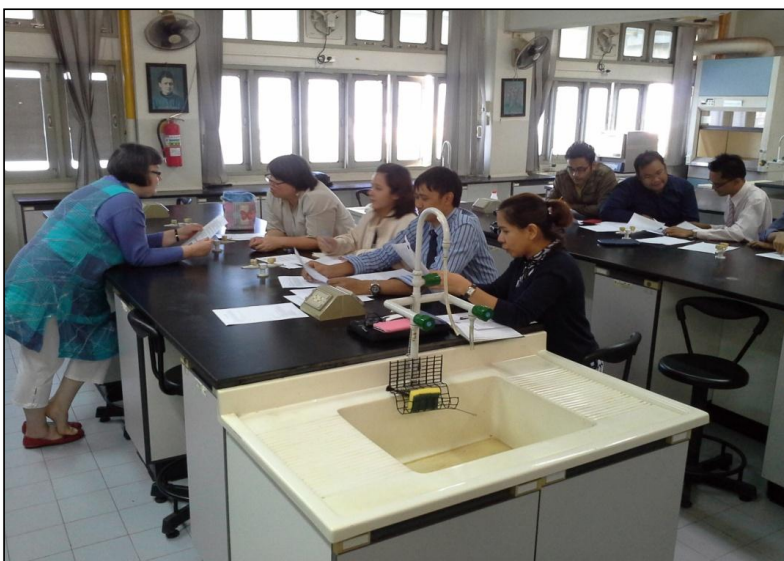
Kemian opettajat opettavat vain kemiaa erikoistuen suuntautumisvaihtoehtoihin, kuten orgaaniseen, epäorgaaniseen, fysikaaliseen ja analyyttiseen kemiaan. Opetuskieli on thai-kieli mutta oppimateriaali on englanniksi. MWITS on Thaimaan ainoa lukio, jossa on langaton verkko ja kaikilla oppilailta käytössään koulun omistamat kannettavat tietokoneet. Myös luokkien tieto- ja viestintäteknikka on nykyaikaista ja aktiivisesti opettajien käytössä.

#### 4.3.2 Koulutuksen tavoitteet ja toteutus

Aluksi kouluttaja seurasi eri opettajien pitämiä kemian tunteja ja tutustui opettajiin. Opetus oli perinteistä luennointia, jossa opettajat kävivät läpi paksua amerikkalaista college-tason oppikirjaa, jonka sisällöt vastaavat kemian perusopin sisältöjä yliopistossa. Kaikilla opettajilla oli laadukkaat englanninkieliset diat ja he puhuivat mikrofoniin. Kouluttajia pyydettiin tuntien seuraamisen lisäksi myös keskustelemaan opettajien kanssa heidän opetuksestaan ja antamaan heille palautetta.

Koulutuksen tavoitteena oli tukea opettajia kehittämään kemian opetustaan tutkimukselliseksi. Koulutus alkoi luennolla, jossa informoitiin opettajia tutkimuksellisesta kokeellisuudesta, opettajan roolista siinä sekä koottiin tutkimuksellisuuteen liittyviä käsitteitä, kuten kollaboraatio ja luonnontieteen luonne. Lisäksi opettajille esiteltiin SOLO-taksonomia työohjeiden kehittämisen ja kokeellisen tunnin suunnittelun tueksi.

Seuraavaksi pidettiin työpaja, jossa opettajat tutustuivat kouluttajan kokoamaan ja englanniksi kääntämään valikoimaan eri SOLO-tasoilla olevia kokeellisia työohjeita. Koska työpajaa varten aikaa oli varattu vain yksi tunti, siellä ei modifioitu opettajien omia työohjeita. Työpajassa harjoiteltiin SOLO-tasojen tunnistamista työohjeista ja pohdittiin, millaista oppimista työohjeita seuraamalla voi tapahtua.



**Kuva 14** Työpajassa kemian opettajat tutkivat työohjeita

#### 4.3.3 Opettajan kokeilun havainnointi

10. luokan kemian opettaja ilmoitti olevansa kiinnostunut kokeilemaan tutkimuksellista kokeellisuutta yhteistyössä kouluttajan kanssa. Hänen ehdotuksensa oli, että kouluttaja pitäisi ensin oppitunteja malliksi. Neuvottelun jälkeen sovittiin, että opettaja ja kouluttaja suunnittelisivat yhdessä oppitunnin, opettaja toteuttaisi sen itse ja kouluttaja voisi

tarvittaessa toimia apuopettajana. Tämä siksi, että oppilaat saisivat käyttää äidinkieltään englannin kielen sijaan.

Oppitunnin aihealueena oli koordinaatiokemia. Opettaja kertoi, että tavallisesti hän luennoi oppilaille teoriaosuuden, tekee demonstraatioita ja jossain vaiheessa teettää pienissä ryhmissä kokeellisuutta, joka todentaa käsiteltyä teoriaa. Hän tunnisti, että tehtävänanto olisi prestruktuurisen SOLO-tason työohje, jota oppilaiden olisi helppo seurata mutta nyt hän halusi tehdä eri tavalla.

Suunnittelussa päädyttiin siihen, että opettaja pitää ensin lyhyen alustuksen aihepiiristä (koordinaatioyhdisteiden rakenne ja nimitykset) ja sen jälkeen oppilaat tutustuisivat koordinaatioyhdisteiden reaktioihin vesiliuoksessa tehden ohjattua, tason 2 (taulukko 5) tutkimuksellisuutta. Tehtävänannossa on aluksi malliyhdisteen reaktioiden havainnointia ja reaktioyhtälön kirjoittamisen harjoittelua, minkä jälkeen oppilaat saivat tutkittavakseen muutaman muun siirtymämetallin koordinaatioyhdisteitä (Liite 7). Samalla päätettiin opettajan toivomuksesta käyttää toisena tutkimustehtävänä kouluttajan työpajassa esimerkkinä käyttämää kideveden määrittystä, joka on perinteisestä laboratoriotyöstä modifioitu tutkimuksellinen tehtävä (ks. luku 3.2.1). Siinä opiskelijat suunnittelevat määritysmenetelmän ja sen perusteella laskevat kuparisulfaattiin sitoutuneen veden määrän kaavassa  $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (Liite 8). Työpajassa oli keskusteltu opettajan roolista tutkimuksellisessa työskentelyssä ja se kerrattiin oppitunnin suunnittelun yhteydessä.

Luokassa oli 21 oppilasta ja heistä muodostettiin 6 ryhmää. Ensin he tekivät kideveden määrityksen. Lyhyen alustuksen jälkeen oppilaat alkoivat suunnitella määrityksen suoritusta ryhmissä, jolloin alkoi vilkas keskustelu. Kouluttajan kierrellessä luokkaa selvisi, että kirjoittamisen sijaan oppilaat piirsivät kuvia työvaiheista. Noin kymmenen minuutin jälkeen opettaja keskeyttää heidät ja näyttää tarvittavat välineet ja kuinka niitä käytetään turvallisesti. Ryhmät työskentelevät ahkerasti ja saavat tehtävän valmiiksi. Opettaja kiertää luokassa ryhmästä toiseen ja puhuu koko ajan. Jälkeenpäin hän kertoo esittäneensä kysymyksiä oppilaille esimerkiksi määrityksen mahdollisista virhelähteistä. Kun kaikilla ryhmillä alkaa olla työ valmis, opettaja pitää puheenvuoron. Jälkeenpäin hän kertoo tehneensä yhteenvedon siitä, mitä työssä tapahtui. Sen jälkeen oppilaat työskentelivät koordinaatioyhdisteiden parissa lopputunnin. Tunnin lopussa opettaja tekee taas yhteenvedon, jonka yhteydessä hän esittää dioja, joissa on kuvia samanlaisista reaktioista, joita oppilaat olivat juuri tehneet.

Kaiken kaikkiaan opettaja oli paljon äänessä oppitunnilla ja johti keskustelua. Myös oppilaat esittivät kysymyksiä hänelle. Oppitunti kesti puolitoistatuntia ja siinä ajassa kaikki ryhmät saivat molemmat työt valmiiksi onnistuneesti. Kaiken kaikkiaan kouluttajalle jäi vaikutelma, että oppitunti sujui opettajan tiukassa komennossa näennäisestä vapaudesta huolimatta. Omien sanojensa mukaan hän huolehti tunnin aikataulutuksesta. Opettajan haastattelussa käytiin tarkemmin läpi oppitunnin eteneminen.

#### 4.3.4 Opettajan haastattelu

Opettaja on opettanut kemiaa koulussa 12 vuotta. Hän oli opiskellut yliopistossa kemian opettajan koulutusohjelmassa ja opetettuaan pari vuotta koulussa, hän oli saanut apurahan analyttisen kemian maisteriopintoja varten. Hän kertoi, että tutkimuskokemuksesta on paljon hyötyä MWIT -koulussa, koska hän joutuu antamaan oppilaille tutkimusaiheita ja ohjaamaan heidän tutkimusprojektejaan. Hän toivoi, että tutkimusprojektit kannustaisivat



oppilaita tutkijan uralle. Hän kertoi tutkimuksellisuuden merkityksestä oppilaille seuraavasti:

*“If you know how scientists get knowledge, information... Sometimes scientists do not know what to do and they have to imagine and do it many times. If you have an open mind and are interested in something, you have many ideas, you need to try many times and to solve a problem, you need to focus on subject and do measurements but when you get answers by yourself and solve your problem, you are happy. When students know how to do inquiry, they can enjoy and learn more and get knowledge. It is useful for a student.”*

Opettaja oli erittäin innostunut SOLO-taksonomiasta ja koki sen tuoman näkökulman kokeellisuuteen hyödylliseksi; hän ymmärsi, että oppilaat oppivat eri asioita työskennellessään eri SOLO-tasoilla. Hän kertoi, että raskaan opetussuunnitelman vuoksi he eivät ehdi tekemään kokeellisuutta paljon mutta hän yrittää aina sijoittaa sitä johonkin väliin: Opettajalle tutkimuksellinen lähestymistapa merkitsi juuri kokeellisuutta. Yleensä hän teettää kokeellisuutta perinteisillä työohjeilla mutta välillä hän antaa oppilaiden tutkia vapaammin, jos opiskeltava aihe mahdollistaa sen. Hän totesi SOLO-taksonomiasta:

*“It is good for me to know at what level students work. If I give them all the information, they work at this low SOLO level; if they work by themselves, they work at this high SOLO level. It is good to know how to improve and develop their skills. Students develop their skills differently depending on the SOLO-level they work on. I find it very useful.”*

Opettaja kertoi, miksi hän halusi teettää oppilailla juuri ne kaksi työtä, joita hän kokeili oppitunnilla (liitteet 7-8):

*“I have used this experiment (liite 8) before too but normally I use the step by step type of instruction and we don't calculate the amount of water. This is useful, because before this topic students learnt about stoichiometry, they know how to calculate. I think it is easy for them because I have taught them about transitions and when they see the color changing, I can relate with the theory. It is useful, it is not a difficult lab, experiment is easy, students see it is easy to do. You can include many topics like stoichiometry, transitions, elements...”*

Opettaja oli tyytymätön opetuksensa tasoon ja halusi oppia lisää opetustekniikoita:

*“We have special students, Olympia-level students, so we need advanced information of science to be able to train students. We need to know about the techniques, how to make it easy for students to learn.”*

Hän koki riittämättömyyttä myös siksi, että keväisin hän koulutti muita opettajia:

*“In March and April we will teach teachers from other schools. If we knew more techniques how to teach certain topic easily, we can teach it in other schools. Teachers want to learn theory, laboratory teaching and techniques for teaching, everything.”*

### 4.3.5 Yhteenveto ja pohdinta

Oppitunnin seuraaminen paljasti, kuinka vaikea opettajan on käytännössä siirtyä opettajakeskeisyydestä oppijakeskeiseen lähestymistapaan, vaikka hänellä on tietoa tutkimuksellisuudesta, luonnontieteen luonteesta ja opettajan rooleista tutkimuksellisessa kokeellisuudessa. Opiskelijat muodostivat aktiivisia ryhmiä ja olivat innostuneita erilaisesta työskentelytavasta. Koska kouluttaja ei ymmärtänyt keskustelua oppitunnilla, on vaikea arvioida, millä SOLO-tasolla työn suoritus loppujen lopuksi toteutui. Opiskelijaryhmissä ainakin suunniteltiin menetelmiä annettujen tehtävien ratkaisemiseksi. Näytti kuitenkin siltä, että opettajan intensiivinen puuttuminen opiskelijoiden tutkimustoimintaan esti tutkimuksellisen kokeellisuuden onnistuneen toteuttamisen (Al-Naqbi, 2010). Palautekeskustelu oppitunnin jälkeen kouluttajan kanssa lisäsi opettajan tietoisuutta omasta toiminnastaan, mutta pitkällä tähtäimellä muutoksessa on kysymys opettajan sitkeydestä harjoitella ja reflektoida omaa toimintaansa (Niemi, 1996).

Opettaja oli innokas oppimaan uutta kemian opetuksen alalta, koska hänellä oli lahjakkaita oppilaita ja hän toimi myös opettaja-kouluttajana. Opettajan tyytymättömyys omaan osaamisensa tekee muutosprosessin käynnistymisen mahdolliseksi (Gess-Newsome et al., 2003). Tutkimuksellisen kokeellisuuden kokeileminen kaksi kertaa auttoi häntä integroimaan tutkimuksellista kokeellisuutta perinteiseen oppituntiin ja edisti hänen voimaantumistaan uuteen käytäntöön (Lavonen et al., 2006). Dillonin (2000) ammatillisen kehittymisen elementit (s. 42) toteutuivat siltä osin, että opettajaa kannustettiin tekemään tutkimuksellista kokeellisuutta ja hän sai palautetta siitä kouluttajalta, mutta näin lyhyessä ajassa hän ei vielä ehtinyt saada vakuuttavia näyttöjä tutkimuksellisen kokeellisuuden toimivuudesta tai siitä, että opiskelijat oppivat paremmin (Clarke & Hollingsworth, 2002).

Spillanen (1999) esittämät tekijät opettajan käytännön muuttumisen toteutumiselle olivat olemassa (s. 42-43). Koulun kulttuuri on yhteisöllinen ja siellä vierailee säännöllisesti sekä paikallisia että ulkopuolisia asiantuntijoita opettajia kouluttamassa. Myös tutkimuksellisen kokeellisuuden koulutuksella oli johdon hyväksyntä ja heillä lisäksi oli odotuksia uuden tiedon soveltamisesta käytäntöön. Koska koulutukseen osallistui myös tutkimuksellisuuteen erikoistunut koordinaattori-opettaja, hän oli tietoinen koulutuksen sisällöistä ja tavoitteista, joten halutessaan kemian opettajat saavat häneltä tukea ja apua, kun he harjoittelevat tutkimuksellista kokeellisuutta käytännössä. Heillä on mahdollisuus saada myös vertaistukea kollegoiltaan kemian laitoksella. Koulun opettajat myös pohtivat ideoita yhdessä ja koulun ilmapiiri on myönteinen uusille asioille. Opettajalla on koulussa käytössään hyvät materiaaliset resurssit ja haastattelun perusteella SOLO-taksonomia oli avannut hänelle uuden näkökulman kokeellisuuteen. SOLO-työkalu ajattelun tukena voi auttaa häntä jatkossa toteuttamaan tutkimuksellista kokeellisuutta paremmin.

## 5. KEHITTÄMISTUOTOS

Koulutusmalli on iteratiivisesti kehitetty ratkaisu ongelma-analyysissä esiin tulleisiin lukion kemian opettajien kokeellisen opetuksen kehittämiseen liittyviin haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Koulutusmalli on kehittynyt tutkimusprosessin aikana kehittäjän ymmärryksen ja tutkimustietojen syventyessä aiheesta.

### 5.1 KOULUTUSMALLIN KUVAUS

Käsitekartta koulutusmallista on esitetty Kaaviossa 3. Sen taustalla on tutkimusperustainen opettajuus, jossa opettajan rooleja ovat myös tutkijan ja oppijan roolit. Koulutusmalli korostaa tasapainoa opettajan eri roolien kesken. Lähtökohtana kaavion yläosassa on Herbartin didaktinen kolmio, joka kuvaa oppilaan, opettajan ja opetettavan sisällön suhdetta. Opettajan roolissa opettaja ohjaa oppilaan oppimisprosessia sekä suunnittelee ja rakentaa oppimisympäristöjä. Opettaja-tutkijan roolissa hän tutkii ja analysoi omaa opetustaan ja käyttämäänsä oppimateriaalia sekä pyrkii kehittämään niitä tutkimustiedon pohjalta. Opettaja on myös oppija, sillä muutos on aina oppimisprosessi. Hän hankkii kokemuksia, joiden avulla hän voi rakentaa aktiivisesti tietoa oppimisesta ja opettamisesta sen sijaan, että vastaanottaisi ja hyväksyisi tietoa passiivisesti (Bryan, 2012). Opettajan tieto ja uskomukset, jotka usein ovat implisiittisiä, koskien hänen omaa ainettaan, opetusta ja oppimista, vaikuttavat hänen toimintaansa opettajana. Omien uskomuksien ja käytäntöjen tarkastaminen ja parantaminen on mahdollista vain refleктоimalla niitä systemaattisesti (Schön, 1987). Reflektionia tehdään yksilöllisesti ja ryhmäkeskusteluissa. Opettajat saavat vertaistukea muilta osallistujilta ja kouluttajalta. Vertaistuki voidaan toteuttaa verkkoympäristössä (tapaus 1), ryhmän lähitapaamisissa (tapaus 2) ja kollegiaalisesti (tapaus 3).

Koulutuksen sisältö on sama kaikille osallistujille, mutta käytännössä se nojaa opettajan henkilökohtaiseen oppimiseen (PL, s. 44) omista lähtökohdistaan käsin. Ennakkotehtävän avulla kartoitetaan hänen kokeellisen opetuksensa nykytilaa. Pyrkimyksenä koulutuksessa on kehittää lukion kemian kurseille käytännössä testattuja tutkimuksellisia työohjeita. Pedagoginen sisältötieto lisääntyy työohjeiden analysoimisen ja tutkimukselliseksi kehittämisen seurauksena (Coenders & Terlouw, 2015). Tekemällä kokeiluja itse ja refleктоimalla niitä opettajan oma ääni tulee kuuluviin tutkimustiedon rinnalle: Ei ole mitään yhtä oikeaa tapaa toteuttaa tutkimuksellista kokeellisuutta vaan toteutus riippuu oppimistavoitteista ja käytettävissä olevista resursseista. Oleellista on perustella valinta eksplisiittisesti tutkimustiedon ja reflektoidun kokemuksen avulla. Tarvitaan useita kokeiluja ja niiden reflektionia ennen kuin uudella toimintatavalla on mahdollisuuksia tulla osaksi opettajan käytäntöjä (Clarke & Hollingsworth, 2002).

Kokeellinen oppiminen tulee rakentaa sellaiseksi, että sen lähtökohta on vuorovaikutukseen perustuva ajatusten jakaminen ja kokeellinen toiminta on ennen muuta kognitiivista toimintaa (Kuusela, 2000). Tutkimuksellinen kokeellisuus ja luonnontieteen luonne yhdessä muodostavat viitekehyksen ja kontekstin mielekkäälle kemian opetukselle, joka voi johtaa luonnontieteellisen tiedon ymmärtämiseen tavalla, jota tarvitaan yhä teknistyvämmässä yhteiskunnassamme.

[illegible]

### Kaavio 3 Käsitekartta koulutusmallista

## 6. TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUDEN TARKASTELUA

Tässä luvussa tarkastellaan kehittämistutkimuksen luotettavuutta kehittämistutkimuksen (Design-Based Research Collective, 2003) laadullisten kriteerien mukaisesti. Sitä arvioidaan myös sisällöntutkimuksen (Tuomi & Sarajärvi, 2009) ja tapaustutkimuksen (Yin, 2003) näkökulmista. Lisäksi arvioidaan luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä tutkimuksen eettisyyttä (Tuomi & Sarajärvi, 2009; Saaranen-Kauppinen & Puusniekka, 2006).

Kahdeksanvaiheisessa kehittämistutkimuksessa on kolme tapaustutkimusta, jotka muodostavat kehittämistutkimuksen kolme sykliä (Taulukko 28).

**Taulukko 28** Kehittämistutkimuksen vaiheet 1-8

<b>TUTKIMUKSEN ETENEMINEN JA MENETELMÄT</b>		Ajankohta
Vaihe 1	<b>KOULUTUSPROJEKTIN SUUNNITTELU</b> Empiirinen ongelma-analyysi: 1) Tutkimuksellinen kokeellisuus lukiossa – toimintatutkimus 2) Oppikirjojen kokeellisten töiden sisällönanalyysi 3) Opettajien valitsemien töiden sisällönanalyysi Aloituskysely: Oman mielityön valinta ja sen perusteleminen Teoreettinen ongelma-analyysi ↓ <b>KEHITTÄMISPÄÄTÖKSET</b> ↓ <b>KOULUTUSMALLI 1 (Tapaus 1)</b>	2008 2009 2011
Vaihe 2	<b>KOULUTUKSEN TOTEUTUS 1</b>	2011
Vaihe 3	<b>KOULUTUKSEN VAIKUTTAVUUDEN ARVIOINTI</b> <b>MENETELMÄT:</b> havainnointi kyselykaavake tuotokset haastattelut (4) toiminta verkkoympäristössä	
Vaihe 4	<b>TULOSTEN RAPORTOINTI JA JATKOKEHITTÄMINEN</b> ↓ <b>KOULUTUSMALLI 2 (Tapaus 2)</b>	2012
Vaihe 5	<b>KOULUTUKSEN TOTEUTUS 2</b>	2012
Vaihe 6	<b>KOULUTUKSEN VAIKUTTAVUUDEN ARVIOINTI</b> <b>MENETELMÄT:</b> havainnointi kyselykaavake tuotokset haastattelu sähköpostiviestit	
Vaihe 7	<b>TULOSTEN RAPORTOINTI</b>	2013 2014
Vaihe 8	<b>KOULUTUS THAIMAASSA (Tapaus 3)</b> <b>MENETELMÄT:</b> havainnointi haastattelu	2014

### *Kehittämistutkimuksen luotettavuus*

Kriteerit kehittämistutkimuksen luotettavuustarkastelulle on esitetty sivulla 6. Kehittämistutkimuksen laadukkuuden arvioinnissa voidaan todeta, että kokonaisvaltaisen kehittämisen tuloksena on saatu ohjaava malli ja kuvailevaa teoriaa (uskottavuus, siirrettävyys). Kehittäminen on edennyt sykleittäin ja sisältänyt jatkuvaa kehittämistä ja arviointia (uskottavuus, luotettavuus, vahvistettavuus). Kehittämisessä on luotu teoriaa, joka on siirrettävissä kentälle opettajien ja kouluttajien käyttöön (siirrettävyys). Kehittämisprosessi on sisältänyt testaamista autenttisissa olosuhteissa (siirrettävyys, luotettavuus, vahvistettavuus). Kehittämistutkimuksen syklit on dokumentoitu tarkasti (luotettavuus, vahvistettavuus). (Design-Based Research Collective, 2003) Teoreettinen viitekehys perustuu laajaan kirjallisuuskatsaukseen. Lisäksi kehittämistutkimuksen luotettavuutta lisää se, että siinä on käytetty hyväksi aineisto- ja menetelmätriangulaatiota sekä vertaisarviointia empiirisen ongelma-analyysin kahdessa osatutkimuksessa. (McKenney, Nieveen & van den Akker, 2006).

Kehittämistutkimus voidaan jakaa useampaan erikseen raportoitavaan vaiheeseen (Juuti & Lavonen, 2006), joka lisää tulosten luotettavuutta ja vahvistettavuutta. Empiiriset tarveanalyysit on raportoitu Kemian opetuksen päivien symposiumikirjoissa tutkimusartikkeleina (Tomperi & Aksela, 2008; 2009; 2011). SOLO-taksonomiaa tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen tukena ja ongelma-analyysivaiheen tutkimustuloksia on esitelty posterilla Valtakunnallisen matematiikan, fysiikan ja kemian opetuksen tutkijakoulun kansainvälisissä yhteisseminaareissa Joensuussa ja Hampurissa 2011. Ensimmäisessä tapaustutkimuksessa kehitettyä koulutusmallia on esitelty posterin avulla kansainvälisessä ICCE-ECRICE -konferenssissa Roomassa (Tomperi & Aksela, 2012) ja kirjoitettu siitä vertaisarvioinnin läpikäynyt artikkeli konferenssin verkkojulkaisuun (Tomperi & Aksela, 2012). Toisen tapaustutkimuksen tutkimustuloksia on puolestaan esitelty ESERA-konferenssissa Kyproksella interaktiivisessa posterisessiossa ja siitä on kirjoitettu kahden refereeen arviointimenettelyt läpikäynyt artikkeli (Tomperi & Aksela, 2014).

Taulukkoon 29 on koottu kehittämistutkimuksen eri vaiheiden yksityiskohtainen luotettavuustarkastelu.

**Taulukko 29** Luotettavuustarkastelu tutkimuksen eri vaiheissa (vrt. taulukko 28)

<b>Tutkimus</b>	<b>Luotettavuustarkastelu</b>
Vaihe 1: Osatutkimus 1 (Luku 3.2.1)	Raportoitu tutkimus on tapaus laajemmasta toimintatutkimuksesta. Tutkimuksessa tehtiin systemaattista havainnointia ja vertailtiin toisiinsa todellisessa tilanteessa luokan yleistä ilmapiiriä, opiskelijoiden ryhmätyöskentelyä ja keskustelunaiheita sekä perinteisellä että tutkimuksellisella kokeellisella opitunnilla. Keskustelunaiheet ja niiden luokittelu perustuivat tutkimuskirjallisuuteen (Tapper, 1999). Oppilasmäärät kemian syventävillä kursseilla olivat pieniä ja niistä muodostettiin 2-3 ryhmää, joten kouluttaja pystyi yksin havainnoimaan niitä. Kurssin lopussa kerätystä yleisestä palautteesta (liite 1) koottiin opiskelijoiden asennetta kokeellista työskentelyä kohtaan kuvaavat ilmaukset, joita havainnollistettiin esimerkeillä.
Vaihe 1: Osatutkimus 2 (Luku 3.2.2)	Tutkimuksessa analysoitiin lukion kemian oppikirjojen (KE1) kokeelliset työt käyttäen SOLO-taksonomiaa. Luotettavuuden lisäämiseksi siinä käytettiin tutkijatriangulaatiota, jossa tutkijan lisäksi projektin ulkopuolinen henkilö analysoi oppikirjojen laboratoriotyöt itsenäisesti ja tuloksista laskettiin Cohenin kappa-arvoksi $\kappa = 0,63$ , joka edustaa hyvää yhtäpitävyyttä (Koch & Landis, 1977). Esimerkki yhden oppikirjan sisällönanalyyseistä on esitetty liitteessä 2.
Vaihe 1: Osatutkimus 3 (Luku 3.2.3)	Opettajien valitsemien kokeellisten töiden sisällönanalyyseissä käytettiin sekä teoriatriangulaatiota (neljä eri teoriaa) että tutkijatriangulaatiota, jossa ilmiötä tutki kaksi tutkijaa. Cohenin kappa-arvojen merkitsevyys oli 0.95 eli erittäin hyvä yhtäpitävyys kahden tutkijan välillä Kochin ja Landisin asteikolla (1977). Esimerkkinä sisällönanalyyseiden eteneminen elektrolyysi-työssä.
Vaihe 3: Koulutuksen 1 (Tapaus 1) vaikuttavuuden arviointi (Luku 4.1.4)	Tutkimuksessa käytettiin aineistotriangulaatiota tutkimuskysymyksiin vastaamisessa: 1) havainnointi, 2) kysely, 3) opettajien tuotokset, 4) neljän opettajan teemahaastattelut ja 5) toiminta verkkoympäristössä. Pienen osallistujamäärän vuoksi kyselyn vastaukset esitettiin osittain alkuperäisinä (taulukot 13-15) ja osittain tulkintoina sisällönanalyyseiden avulla (taulukot 16-18). Täydennystehtävien vastauksia analysoitiin myös SOLO-taksonomian avulla (taulukot 13-15). Opettajien tuotokset esitettiin yksityiskohtaisesti. Haastattelut analysoitiin aineistolähtöisen sisällönanalyyseiden keinoin ja sen tuloksia esitettiin käsitekartan avulla ja lukuisten poimintojen avulla alkuperäisestä aineistosta. Haastattelut varmistivat jälkepäin tulokset (taulukot 19 ja 20) ja kommentoivat niitä. Verkkoympäristön toimintaa dokumentoitiin Optiman aktiivisuustaulukon ja esimerkkien avulla.
Vaihe 6: Koulutuksen 2 (Tapaus 2) vaikuttavuuden arviointi (Luku 4.2.5)	Tutkimuksessa käytettiin aineistotriangulaatiota tutkimuskysymyksiin vastaamisessa: 1) havainnointi, 2) kysely, 3) opettajien tuotokset, 4) yhden opettajan teemahaastattelu ja 5) sähköpostiviestit. Kyselykaavake on sama kuin ensimmäisessä koulutuksessa. Pienen osallistujamäärän vuoksi kyselyn vastaukset esitettiin alkuperäisinä. Täydennystehtävien vastauksia analysoitiin myös SOLO-taksonomian avulla (taulukot 24-26). Opettajien tuotokset esitettiin yksityiskohtaisesti. Teemahaastattelun kysymysrunko oli sama kuin ensimmäisessä koulutuksessa. Haastattelu analysoitiin teoriaohjaavan sisällönanalyyseiden keinoin ja tulokset esitettiin lukuisten poimintojen avulla alkuperäisestä aineistosta. Sähköpostiviestejä esitettiin esimerkkeinä lähitapaamisten välisestä toiminnasta.
Vaihe 8: Koulutus 3 (Tapaus 3) (Luku 4.3)	Tutkimuksessa käytettiin aineistotriangulaatiota tutkimuskysymyksiin vastaamisessa: 1) havainnointi 2) teemahaastattelu. Oppitunteja havainnoi kaksi kouluttajaa yhdessä. Teemahaastattelun tulokset on koottu suoraan alkuperäisestä englanninkielisestä aineistosta.

### *Tutkimuksen eettisyys*

Tutkimuksen eettisyyden pohdintaan kuuluu selkiyttää, kenen ehdoilla tutkimusaihe valitaan ja miksi tutkimukseen ryhdytään (Tuomi & Sarajarvi, 2009). Tutkimuksen päätuloksena tuotettiin tutkimukseen perustuva ammatillisen kehittämisen koulutusmalli,

joka tukee kemian opettajia toteuttamaan tutkimuksellista kokeellisuutta lukiossa. Tutkimuksellinen kokeellisuus ei ole vain uusi opetusmenetelmä vaan sen toteuttaminen edellyttää yleensä muutoksia opettajien oppimiseen ja opetukseen liittyvissä tiedoissa ja uskomuksissa ja on siksi haasteellinen toteuttaa. Opettajalta se vaatii pitkäkestoista kehittämistyötä muutoksen aikaansaamiseksi. Tutkimuksen avulla haettiin tietoa siitä, mitä haasteita opettajilla on tutkimuksellisen kokeellisuuden toteuttamisessa ja kuinka SOLO-taksonomia voi tukea heitä siinä. Ammatillisen koulutuksen lähtökohtana on opettajan toiminta koulussa ja uutta toimintatapaa tulisi myös harjoitella ja testata autenttisissa olosuhteissa. Koulutus pyrkii käynnistämään opettajan henkilökohtaisen muutosprosessin ja tukemaan sitä. Suomessa opettajien hakeutuminen ja osallistuminen koulutukseen on yleensä vapaaehtoista eikä tällä tutkimuksella pyritty vaikuttamaan opettajan autonomiaan.

Tutkimuksellinen lähestymistapa on ollut yksi keskeisistä teemoista 2000-luvun luonnontieteiden opetuksen tutkimuskirjallisuudessa ja sen nähdään tarjoavan monia mahdollisuuksia toteuttaa konstruktivismin mukaista oppijakeskeistä pedagogiikkaa (luku 3.1.1.3). Tutkimukseen valittiin SOLO-taksonomia teoreettiseksi viitekehykseksi, koska se oli tuttu tutkijalle ja hänellä oli positiivisia kokemuksia sen käytöstä. Ensimmäisen kerran hän tutustui SOLO-taksonomiaan kehittäessään laboratorio-opetusta Oulun yliopiston kemian laitoksella yhteistyössä FT Maija Kiviahteen kanssa (Kiviahde, 2005). Sen jälkeen hän on usein todennut SOLO-taksonomian hyödylliseksi opettajan työssä, minkä vuoksi se oli luonnollinen valinta. SOLO-taksonomia kuvaa oppimisen tavoitteita hierarkkisesti, joten opettajan on helppo paikallistaa oma käytännön tasonsa sen avulla ja asettaa uusia tavoitteita oppimistuloksille.

Koulutukseen osallistujille kerrottiin, että kouluttaja tekee väitöskirjatutkimusta tutkimukselliseen kokeellisuuteen liittyen ja pyydettiin lupaa käyttää koulutuksen aikana kerättyä materiaalia tutkimusaineistona samoin kuin kurssien päättyessä kyselylomakkeella kerättyjä tietoja. Myös haastatteluun osallistuminen oli vapaaehtoista. Osallistujille luvattiin, että kaikkea tutkimuksessa kerättyä aineistoa käsitellään luottamuksellisesti, jotta osallistujien henkilöllisyys ei paljastu ryhmän ulkopuolisille.

### *Sisällöntutkimuksen luotettavuus*

Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan usein seuraavilla kriteereillä: uskottavuus (credibility), siirrettävyys (transferability), riippuvuus, varmuus (dependability) ja vahvistettavuus (confirmability) (Tuomi & Sarajärvi, 2009, 138 - 139). Uskottavuus mittaa sitä, vastaavatko tutkijan käsitteellistykset ja tulkinta tutkittavien käsityksiä. Tutkimuksen uskottavuutta on varmistettu kuvaamalla tutkimuksen toteutus ja tulosten analysointi mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Uskottavuutta lisää se, että tutkija on käyttänyt tutkimuksen tekemiseen riittävästi aikaa ymmärtääkseen ja pohtiakseen tutkimuskohdetta. Jotta tutkijan tulkinta tiedonantajien käsityksistä olisi mahdollisimman totuudenmukaista, tiedonantajat ovat myös arvioineet tuloksia ja esittäneet pieniä täsmennyksiä, jotka on huomioitu.

Siirrettävyys kuvaa sitä, miten tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa muissa konteksteissa. Tutkimus antaa tietoa kemian mielekkään kokeellisen opetuksen suunnittelun ja kemian opettajien ammatillisen kehittämisen koulutuksen suunnittelun tueksi ja on siten siirrettävissä muihin vastaaviin konteksteihin. Tuloksia voidaan myös pitää suuntaa-antavina, sillä laadullinen tutkimus on toteutettu tieteellisen tutkimuksen toteuttamista yleisesti ohjaavien periaattein. Tutkimuksen vahvistettavuus toteutuu



kuvaamalla ratkaisut niin yksityiskohtaisesti, että lukija pystyy seuraamaan ja arvioimaan tutkijan päättelyä. Tulkintojen tueksi tarkastellaan muiden vastaavien tutkimusten tuloksia. (Tuomi & Sarajarvi, 2009)

### *Sisällönanalyysin vertaisarviointi*

Kun kaksi tutkijaa analysoi samaa aineistoa, Cohenin kappa (Cohen, 1960) mittaa yhtäpitävyyttä kahden tutkijan välillä. Kappa-arvoa pidetään luotettavampana mittana kuin yksinkertaista prosentuaalista yhtäpitävyyden laskemista, koska se huomioi sattuman. Kappa-arvo perustuu eroon todellisen yhtäpitävyyden ( $P_o$ ) ja oletetun sattumanvaraisen yhtäpitävyyden ( $P_c$ ) kanssa seuraavan kaavan mukaisesti:

$$\kappa = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c}$$

Kappa-arvon laskemiseen on internetissä monenlaisia taulukkolaskentaohjelmia, joihin lisätään perustiedot ja ohjelma laskee kappa-arvon. Kappa-arvo voi saada arvon 0-1 ja mitä suurempi se on, sitä parempi on tutkijoiden välinen yksimielisyys. Esimerkiksi kappa-arvo 0,60 - 0,79 edustaa hyvää yhtäpitävyyttä Kochin ja Landisin asteikolla. (Koch & Landis, 1977)

### *Tapaustutkimuksen luotettavuus*

Laadullisen tutkimuksen ja erityisesti tapaustutkimuksen luotettavuutta tulee tarkastella koko tutkimusprosessin ajalta sen alusta loppuun asti (Yin, 2003, 35). Tutkimuksen luotettavuutta lisää se, jos tekeminen on kuvattu niin tarkasti, että joku toinen voisi toistaa sen samanlaisena uudelleen. Myös Yin (2003) korostaa, että luotettavuutta lisää tapaustutkimuksen luettaminen tiedonantajilla tutkimuksen loppuvaiheessa sen selvittämiseksi, vastaavatko tulokset heidän näkemyksiään tutkitusta asiasta. Tiedonantajien kuulemisen lisäksi väitöskirjaan on lisäksi sisällytetty runsaasti kuvaavia ja kattavia aineistositaatteja sekä muutamia kuvia.

Kouluttaja on seurannut läheltä opettajien toimintaa lähitapaamisissa ja yhteiset keskustelut niin työpajoissa kuin tauoilla ovat osaltaan avanneet osallistujien käsityksiä ja kokemuksia. Kahden haastattelun toteuttaminen haastateltavan opettajan työpaikalla koulussa näytti, millaisissa olosuhteissa he toteuttavat kemian kokeellisuutta. Kokemus kemian opettajan työstä auttoi tutkijaa löytämään tutkimuksen kannalta oleellisia kysymyksiä opettajan näkökulmasta. Toisaalta kokemattomuus opettajien kouluttajana on voinut vaikuttaa tuloksiin. Projekti oli tutkijan suunnittelema ja toteuttama ja hän toimii itse kouluttajana kurssilla ja havainnoivana tutkijana. Nämä nostavat tietysti luotettavuuden lisäksi kysymyksen tutkijan puolueettomuudesta. Yleinen käytäntö on, että käytetään ulkoista asiantuntija-arvioitsijaa tai tutkijakollegaa arvioimaan sitä (Tuomi & Sarajarvi, 2009). Ensimmäisen koulutuksen lopetuspäivän aluksi kehittämistutkimuksen ohjaaja piti esityksen kokeellisuudesta ja toimi loppupäivän ”ulkopuolisena” havainnoitsijana. Kuten aina opinnäytetyössä ohjauksen ja tarkastamisen kautta on pyritty saamaan tukea itse tutkimuksessa tehdyille tulkinnoille.

Tutkimuksen aikana tutkijan ja tutkittavien välille syntyi tutkijan mielestä avoin ja luottamuksellinen suhde. Haastatteluissa näkyi tutkijan kokemattomuus haastattelijana, sillä litterointivaiheessa tutkija jäi, jälkikäteen sähköpostitse esitetyistä selventävistä kysymyksistä huolimatta, kuitenkin välillä pohtimaan, kuvasiko haastateltava todellista tilannetta vai sitä, miten tilanteen hänen mielestään pitäisi olla. Koska kouluttaja itse myös

haastatteli, on mahdollista, että vastauksissa kuuluu myös se, mitä haastateltavat ajattelivat kouluttajan haluavan kuulla. Tutkija oli tietoinen siitä, että opettajan puhe ja käytäntö voivat olla hyvinkin ristiriidassa keskenään ja koska tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita lähinnä siitä, miten opettaja kokee mielekkään kokeellisuuden merkityksen lukiossa ja SOLO-taksonomian merkityksen mielekkään kokeellisen opetuksen tukena, esimerkiksi haastateltujen opettajien opettamista ja tutkimuksellisen kokeellisuuden kokeilua kouluissa ei havainnointi muualla kuin Thaimaassa. Koulutuksessa tukeudutaan teoreettiseen malliin siitä, että paremmat opetusmenetelmät johtavat parempiin oppimistuloksiin. Toisaalta opettajien muutos on hidas prosessi ja näkyy viiveellä oppilaiden oppimistuloksissa. (esimerkiksi Desimone, 2009; Whitworth & Chiu, 2015) Sisällönanalyysin avulla haastatteluaineisto pyrittiin järjestämään tiiviiseen ja selkeään muotoon, jotta johtopäätökset olisivat selkeitä ja luotettavia (Tuomi & Sarajärvi, 2009).

Aineiston keräämisessä on pyritty noudattamaan kolmea periaatetta, jotka tukevat Yinin (2003) mukaan tapaustutkimuksen rakenteellista validiteettia ja luotettavuutta: 1) Aineistoon kohdistuva triangulaatio: Tässä tutkimuksessa on käytetty erilaisia aineistoja saman ilmiön tutkimiseen eli kyselykaavakkeilla, havainnoimalla, haastattelemalla ja opettajien tuotoksia tutkimalla kerättyä aineistoa; 2) Tietovarannon muodostaminen kerätystä datasta: Tutkimuksen raportoinnissa on pyritty esittämään mahdollisimman paljon alkuperäistä aineistoa muistiinpanoista, osallistujien tuotoksista ja viesteistä, litteroiduista haastatteluista ja kyselykaavakkeen vastauksista, jotta lukija pääsisi kurssille osallistuneiden opettajien ajatteluun mukaan. Materiaalin avulla on mahdollista varmistua siitä, että lainatut opettajien ajatukset ovat oikeista asiayhteyksistä; ja 3) Todistusketjun ylläpitäminen alkaen tutkimuskysymyksistä johtopäätöksien esittämiseen.

Tapaustutkimuksessa ei voi tehdä tilastollista yleistämistä vaan analyttistä yleistämistä teorian avulla. Laadullisen tutkimuksen pätevyys eli validiteetti toteutuu, kun tutkimuksen avulla saadaan tietoa tarkastelun kohteena olevasta ilmiöstä. Ulkoista validiteettia lisää se, että analyttisen yleistämisen perusteella tulokset ovat toistettavissa toisessa samanlaisessa kontekstissa. Tutkimus koostuu kolmesta syklistä, jotka muodostuvat kolmesta tapaustutkimuksesta, jossa ensimmäisen tapaustutkimuksen tuloksia tarkastellaan toisen tapaustutkimuksen kanssa rinnakkain. Molemmissa tapaustutkimuksissa käytettiin samanlaisia ennakkotehtäviä, kyselykaavakkeita ja samanlaista teemahaastattelua. Monitapauksisen tutkimuksen kahta eri tapausta voi tarkastella erillisinä kokeina ja ensimmäisessä tapaustutkimuksessa saatu merkittävä tulos voi toistua toisessa tapauksessa. Teoreettinen viitekehys määrittää sen missä olosuhteissa jokin ilmiö voi tai ei voi esiintyä. (Yin, 2003)

Sisäinen validiteetti lisääntyy, kun aineistoa analysoidaan käyttäen systemaattisesti tiettyä analyysimenetelmää. Tässä tutkimuksessa on käytetty aineistolähtöistä ja teoriaohjaavaa sisällönanalyysiä. Monitapauksisessa tutkimuksessa voidaan myös rakentaa selityksiä, jotka sopivat kumpaankin tapaustutkimukseen erikseen. (Yin, 2003, 120) Ensimmäisessä tapaustutkimuksessa litteroidusta haastatteluaineistosta tehtiin aineistolähtöinen sisällönanalyysi, josta abstrahimalla erotettiin tutkimuksen kannalta olennainen tieto ja päädyttiin alkuperäisistä kielellisistä ilmauksista teoreettisiin käsitteisiin, joita käytettiin teoriaohjaavan sisällönanalyysin viitekehyksenä toisessa tapaustutkimuksessa. Tällä tavalla tavoiteltiin erillisten tapausten poikittaissynteisiä, joka lisää sisäistä validiteettia ja siten osaltaan tuottaa korkeatasoisempaa analyysiä (Yin, 2003, 133).

## 7. JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Kehittämistutkimuksen päätuloksena saatiin kahdenlaista uutta tutkimustietoa kemian opetuksen edistämiseen (Edelson, 2002): 1) tietoa tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja sen käyttöönotosta sekä opettajien ammatillisesta kehittämisestä SOLO-taksonomian avulla (ongelma-analyysi ja kehittämisprosessi) ja 2) tietoa tutkimusperustaisesta koulutusmallin ominaisuuksista tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen edistämiseksi (kehittämistuotos). Seuraavassa tuloksia tarkastellaan tutkimuskysymyksittäin (ks. s.2) sekä verrataan tuloksia aikaisempaan tutkimustietoon.

### 7.1 Kemian opetusta edistävää tutkimustietoa tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja sen käyttöönotosta (tutkimuskysymys 1)

Tutkimuksessa saatiin kemian opetusta edistävää tutkimustietoa tutkimukselliseen kokeellisuuteen liittyvistä haasteista ongelma-analyysin avulla.

Tutkimuksellinen kokeellisuus on opettajille haastavaa. Haasteina pidettiin käytännössä erityisesti ajan riittämättömyyttä, resurssien puutetta ja suuria ryhmiä (s.76 ja s.100). Ne ovat vastaavia kuin kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa (s.21-22). Uutena tutkimustietona tuli esille, että lukion kemian opettajat eivät myöskään usko kaikkien oppilaiden pystyvän tekemään tutkimuksellista kokeellisuutta (Kuva 13, s. 83).

Tutkimuksellinen lähestymistapa toteuttaa konstruktivismia käytännössä. Konstruktivistinen oppimis- ja tiedonkäsitys on ollut valtakunnallisissa lukion opetussuunnitelman perusteissa 1990-luvulta lähtien. Tutkimuksellisen kokeellisuuden taustalla oleva konstruktivistinen oppimiskäsitys, kemian opettajan kokemattomuus toimia nykyaikaisessa oppimisympäristössä ja tutkimuksellisten opetuskokeilujen vähäisyys ovat tutkimuksen mukaan erityisiä haasteita sen käyttöönotossa. Opettajan tietoa ja oppimista koskevat uskomukset ja käsitykset vaikuttavat siihen, kuinka hän suhtautuu uuden opetusmenetelmän käyttöönottoon (Pajares, 1992; Kang & Wallace, 2004). Jos kemian opettaja ajattelee, että oppiminen on ennen muuta tiedon vastaanottamista ja informaation mieleen painamista, hänen on vaikea ymmärtää esimerkiksi tutkimuksellisen lähestymistavan oppijakeskeisyyttä. Sen seurauksena opettaja voi jopa vastustaa uutta opetusmenetelmää tai todeta sen sopimattomaksi oman opetustyön kannalta, kuten Sahlberg (1996) toteaa.

Myös kemian opettajien uskomus, jonka mukaan lukion opetussuunnitelma ei tue tutkimuksellista kokeellisuutta (Taulukko 19, s. 85), säilyi vahvana huolimatta siitä, että kurssin aloitusvaiheessa kouluttaja perusteli koulutuksen tarvetta mielekkästä kokeellisuudesta opettajille paitsi valtakunnallisen opetussuunnitelman perusteissa esiintyvien vaatimuksien ja myös tutkimustiedon perusteella. Myös aikaisemmassa tutkimuksessa on todettu, että kemian opettajilla voi olla käytännön ongelmia yhdistää tutkimuksellinen lähestymistapa ja perinteinen opetus opetussuunnitelman tavoitteiden toteuttamiseksi (Smithenry, 2010). Jos opetussuunnitelmaa noudatetaan lähinnä keskeisten sisältöjen osalta, kokeellisuuden toteuttamiseen jää hyvin vähän aikaa.

Kemian opettajien aikaisemmat hyvät kokemukset vaikuttivat tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoon. Tutkimuksellinen kokeellisuus opetuksessa assimilaatioprosessina vaatii selvästi käytännön kokemuksia konstruktivismista opetuksessa ja ymmärrystä luonnontieteen luonteesta. Ne opettajat, joiden oppimiskäsitys käsittää konstruktivismin mukaisia elementtejä, ottavat tutkimuksellisen lähestymistavan

ensimmäisenä kokeiluun käytännössä (vrt. Yang & Tsai, 2012). Esimerkiksi ensimmäisessä tapaustutkimuksessa aktiivisesti toiminut opettaja oli opettanut kemiaa myös kansainvälisessä IB-lukiossa ja ohjannut opiskelijoiden tutkimuksellista työskentelyä, joka kuuluu pakollisena IB-lukion opetussuunnitelmaan. Koska asia oli hänelle tuttu, hän alkoi heti kokeilla tutkimuksellisia töitä myös tavallisessa lukiossa. Samoin Thaimaassa koulutukseen osallistunut opettaja, jonka tehtäviin kuuluu ohjata oppilaiden kemian tutkimusprojekteja vuosittain pidettäville tiedepäiville, aloitti opetuskokeilemisensa nopeasti.

Tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoon tarvitaan monipuolista tukea koko koulutusajan lähitapaamisten lisäksi. Pedagogista sisältötietoa on mahdollista lisätä lyhyenkin koulutuksen aikana, mutta uusien ideoiden vahvistuminen ja muuttuminen käytännöksi koulutuksen tarkoittamalla tavalla vaatii aktiivista harjoittelua koulussa myös koulutuksen päättymisen jälkeen. Tutkimuksessa käytettiin opettajien tukemiseen verkkopohjaista Optima-oppimisympäristöä, jossa keskeistä oli vertaistutorointi. Kemian opettajat osasivat käyttää sen mahdollisuuksia vaihtelevasti. He seurasivat innokkaasti, mitä Optimassa tapahtui, mutta eivät osallistuneet keskusteluun. Osalla opettajista ei ollut kokemuksia verkkopedagogiikasta ja tiedon rakentelusta verkossa. Tutkimus osoitti, että lyhytkestoisessa koulutuksessa passiivisuus on takaisku koulutuksen oppimistavoitteiden osalta. Jos koulutus kestää vain muutaman kuukauden, siinä ajassa opettajien oppimisprosessi saadaan vasta käynnistymään.

Tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoa voisi lisätä koulun johdon tuki. Koulun johdolla (rehtori ja opetustoimi) on tärkeä rooli suunnitella ja toteuttaa ammatilliseen kehittymiseen johtavaa koulutusta ja varmistaa, että opettajien osaaminen on ajanmukaista ja mahdollistaa itsenäisen kouluttautumisen. Whitworth & Chiu (2015) ovat tuoneet esille review-artikkelissaan, kuinka koulun johto puuttuu nykyisistä ammatillisen kehittymisen malleista. Kuitenkin esimerkiksi Coburnin (2005) mukaan rehtoreiden sisältötieto vaikuttaa siihen, kuinka he havainnoivat opettajien opetustilanteita, antavat palautetta opettajille ja tarjoavat heille mahdollisuuksia oppimiseen. Rehtorit voivat vaikuttaa päätöksiin siitä, mihin kehittämistoimenpiteisiin koulussa osallistutaan, mitä jätetään pois ja kuinka osallistutaan, ja nämä päätökset vaikuttavat siihen, mitä opettajat osaavat.

Jotta edellä mainittuja haasteita voidaan ratkaista, tarvitaan tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoon myös henkilökohtaista tukea. Kehitetyssä koulutuksessa käytetty yhteisöllinen vertaistukimalli ei näyttäisi tukevan kaikkien opettajien oppimisprosessia. Ennen kuin kemian opettaja voi uudistaa opetuskäytäntöjään, hänen tietonsa ja uskomuksensa opetuksesta täytyy muuttua (Blanchard, et al., 2010; Herrington et al., 2011). Herringtonin et al. (2011) mukaan koulutuksen tulisi tarjota opettajille kokemuksia joiden pohjalta he voivat rakentaa omaa ymmärrystään tutkimuksellisesta lähestymistavasta, jotta kukin opettaja voisi soveltaa ja toteuttaa tutkimuksellisuutta omalla ainutlaatuisella tavallaan. Opettajan osallistuminen esimerkiksi tutkimukselliseen pienryhmätoimintaan (PLC = professional learning communities) on todettu lisäävän kollaboratiivista tiedon rakentelua ja reflektiota (esim. Desimone, 2009; Borko, Jacobs & Koellner, 2010), mutta on myös esitetty, että se ei riitä yksin tukemaan opettajien ammatillista kasvua vaan opettaja tarvitsee pienryhmätoiminnan rinnalla samanaikaisesti yksilöllistä valmennusta ja tilaisuuksia eriyettyyn oppimiseen hänelle tärkeistä aiheista (Grierson & Woloshyn, 2013). Griersonin ja Woloshynin (2013) tutkimuksessa ryhmätapaamiset olivat tärkeitä vaihtoehtoisten mallien ja käytännön muuttamiseen johtavien suunnitelmien laatimisessa, mutta yksilöllinen valmennus oli osoittautunut

kriittiseksi tekijäksi uusien käytäntöjen toteuttamisessa. Henkilökohtaisen oppimisen (PL, s. 44) malli voi olla ratkaisu tutkimuksellisen kokeellisen opetuksen kehittämiseen omista lähtökohdista käsin osana elinikäistä oppimista. Henkilökohtaista oppimista käytetään esimerkiksi ammatillisten opettajien koulutuksessa (Kepanen & Länsitie, 2014).

## **7.2 Kemian opetusta edistävää tutkimustietoa tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöön otosta SOLO-taksonomian avulla (tutkimuskysymys 2)**

Tutkimus toi uutta tietoa tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöön otosta SOLO-taksonomian avulla kehittämisprosessin kautta. Tutkimuksen mukaan SOLO-taksonomia koulutuksessa toi opettajille erityisesti töiden muokkaamisen (”tuunaamisen”) ja töiden asteittaisen kehittämisen ajatukset uutena asiana kokeellisuuden opetukseen (Taulukko 16, s.80). He kokivat hyötyvänsä siitä kokeellisen opetuksen suunnittelussa ja tehtävänannon laadun arvioinnissa. Opettajien mielestä SOLO-taksonomia tukee opettajan kehittymistä ja voi tuottaa laadukkaampaa opetusta. Jotkut opettajat kokivat sen käytön oppimisen haasteelliseksi, koska eri tasojen väliset erot olivat heille vielä koulutuksen päättyessä epäselviä.

SOLO-taksonomian tuoma lisäarvo tutkimuksellisuuden koulutuksessa oli, että se toimi konkreettisena työkaluna, motivoi kehittämään kokeellisuutta ja lisäsi opettajan omistajuutta kehitettyihin työohjeisiin (Taulukko 27, s. 106). SOLO-työkalusta oli ollut hyötyä opettajalle kokeellisen tunnin suunnittelussa hänen valitessaan kokeellista työtä oppikirjasta ja vertaillaessaan eri työohjeita keskenään. Tutkimuksellinen lähestymistapa avautui opettajille erityisesti suunnittelutehtävien muodossa (Taulukko 19, s. 85). SOLO-taksonomiaa voi heidän mukaansa hyödyntää sopivan vaikeustason etsimisessä ja saman tehtävän esittämisessä eri tavoilla, joka mahdollistaa opetuksen eriyttämisen erilaisille oppijoille. SOLO-työkalun avulla modifioidut työohjeet lisäävät oppijakeskeisyyttä, kun oppilaan tai ryhmän osaamistaso ja ajattelu tulevat paremmin opettajalle näkyväksi työohjeiden muotoilussa.

Huomattavaa on, että tässä tutkimuksessa oppimateriaalin puute ei muodostunut opettajille esteeksi tutkimukselliselle kokeellisuudelle, vaikka sitä tutkimuskirjallisuuden perusteella pidetään keskeisenä esteenä (s. 22). Ilmeisesti SOLO-taksonomia toimi työohjeiden suunnittelussa ja modifioinnissa niin hyödyllisenä työkaluna, että kokeiluvalmiin materiaalin puutetta ei koettu ongelmallisena. Toisessa tapaustutkimuksessa haastateltu opettaja kertoi, että kokeilemisen edellytykseksi hänelle oli muodostunut juuri mahdollisuus muuttaa käytössä olevia työohjeita tutkimukselliseksi sen sijaan, että hän olisi laatinut ne kokonaan itse.

Tutkimuksen perusteella SOLO-työkalu oli antanut opettajalle vision siitä, kuinka oppilaan kehittymistä voi tukea konkreettisesti: opettaja voi tunnistaa missä oppimisen vaiheessa opiskelija on kyseisessä asiassa, ohjata häntä tällä tietyllä tasolla ja edelleen tukea häntä etenemään kohti vaativampaa tasoa kokeellisessa työskentelyssä (Taulukko 27, s. 106). Kehittyminen on yksilöllistä, mutta todennäköisesti lukion opettajan opiskelijat ovat saavuttaneet konkreettisen ajattelun yleistävän vaiheen, jossa kyetään pohtimaan asioiden välisiä suhteita eivätkä asiat enää näyttäyty erillisten yksityiskohtaisten tiedonmurujen luettelona, mutta toisaalta oppijan siirtymistä kohti abstraktin ajattelun vaihetta pitäisi erityisesti tukea lukiossa (Biggs & Collis, 1982). SOLO-taksonomian käyttökelpoisuutta ei tarvitse ajatella ikäkausiin liittyvinä osaamiskuvauksina (Taulukko 7,

s. 29), joista asiantuntijatkin paljon kiistelevät, vaan yleisenä kuvauksena oppimisesta prosessina; kun opimme uuden asian, asian omaksuminen ensimmäisestä kohtaamisesta kohti syvällistä oppimista voidaan kuvailla etenevän esistruktuuriselta tasolta kohti laajennettua abstraktia tasoa.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että SOLO-taksonomia oli saanut opettajan tiedostamaan sen, kuinka hän aliarvioidessaan opiskelijan taitoja ei saa oppilaan koko potentiaalia käyttöönsä. SOLO-taksonomian avulla opettaja tietää, minkä tasoinen hänen käyttämänsä tehtävä on ja kuinka tarvittaessa sitä modifioimalla hän voi rakentaa oppimispolkua kohti vaativampaa tehtävätyyppiä. Kvantitatiivisen SOLO-tason työohje voi olla osa merkityksellistä tehtävänantoa, kun se johdattelee opiskelijaa seuraavassa vaiheessa toimintaan suhteellisella tai abstraktilla SOLO-tasolla.

Koska kemian opettajat eivät välttämättä tiedä, mitä korkeamman tason ajattelutaidoilla tarkoitetaan (Nurminen & Aksela, 2007), tässä tutkimuksessa SOLO-taksonomia toimi teoreettisena viitekehyksenä korkeamman tason ajattelutaidoille. Lukion opetussuunnitelmat edellyttävät formaalista ajattelua matemaattisissa aineissa, jolloin operoidaan abstrakteilla käsitteillä. Korkeamman tason ajattelutaitoja voidaan pitää Kuuselan (2000) mukaan sekä inhimillisenä voimavarana että teknistyvän yhteiskunnan vaatimana lisäresurssina. SOLO-taksonomian lähtökohtana on se, että tieto perustuu kokemukseen suhteelliselle SOLO-tasolle asti eli abstraktiin ajatteluun ei siirrytä suoraan. Jos opettaja käyttää vain suljettuja työohjeita, hän aliarvioi opiskelijoita eikä tue heitä käyttämään korkeamman tason ajattelutaitoja.

Tutkimuksellisten kokeellisten töiden käyttöönotossa innosti hyvät kokemukset opiskelijoiden työskentelystä. Tutkimuksellisia töitä kokeilleet opettajat raportoivat siitä, kuinka opiskelijat paitsi kykenivät hyvin työskentelemään ilman perinteistä ohjeistusta aikaisempaa avoimempien tehtävien parissa, he myös pitivät uudesta ja erilaisesta työskentelytavasta. Oppikirjoissa on paljon kvantitatiivisilla SOLO-tasoilla olevaa materiaalia (Tomperi & Aksela, 2009) ja oppilailla on siksi jo todennäköisesti runsaasti kokemuksia kvantitatiivisella SOLO-tasolla työskentelystä, joten modifioimalla tehtävä suhteelliselle SOLO-tasolle opiskelijoiden on helppo siirtyä tutkimukselliseen työskentelyyn. Nämä ovat tärkeitä positiivisia kokemuksia, jotka toivottavasti kannustavat opettajia edelleen jatkamaan tutkimuksellisen kokeellisuuden kehittämistä. Tutkimuskirjallisuuden mukaan opettajan käytännössä toteama opiskelijoiden oppimisen lisääntyminen on keskeinen syy pysyvään muutokseen opettajan käytäntöihin (esim. Clarke & Hollingsworth, 2002).

Tutkimuksen mukaan juuri SOLO-taksonomia auttoi opettajaa ymmärtämään tutkimuksellista lähestymistapaa, vaikka se käsitteenä oli ollut hänelle tuttu toisesta yhteydestä. Teoreettinen viitekehys ja yhteinen kieli keskustelussa muiden opettajien kanssa ilmeisesti tuki hänen tiedonrakenteluun ja hän pääsi eteenpäin omassa oppimisprosessissaan. Koulutuksessa opettaja oli oppija. Tutkimuksellisen lähestymistavan tarkasteleminen SOLO-taksonomian kautta tuottaa yhteistä käsitteistöä tiedon rakentelua varten. Sosio-konstruktivistisen näkemyksen mukaan reflektio ei tapahdu vain yksilön päässä vaan se tapahtuu oppijoiden työskennellessä yhteisöllisesti jonkun tehtävän parissa. Tällöin kielestä tulee työkalu, joka mahdollistaa ajattelun ja ajatteluprosessien organisoinnin. (Rannikmaa & Holbrook, 2007)

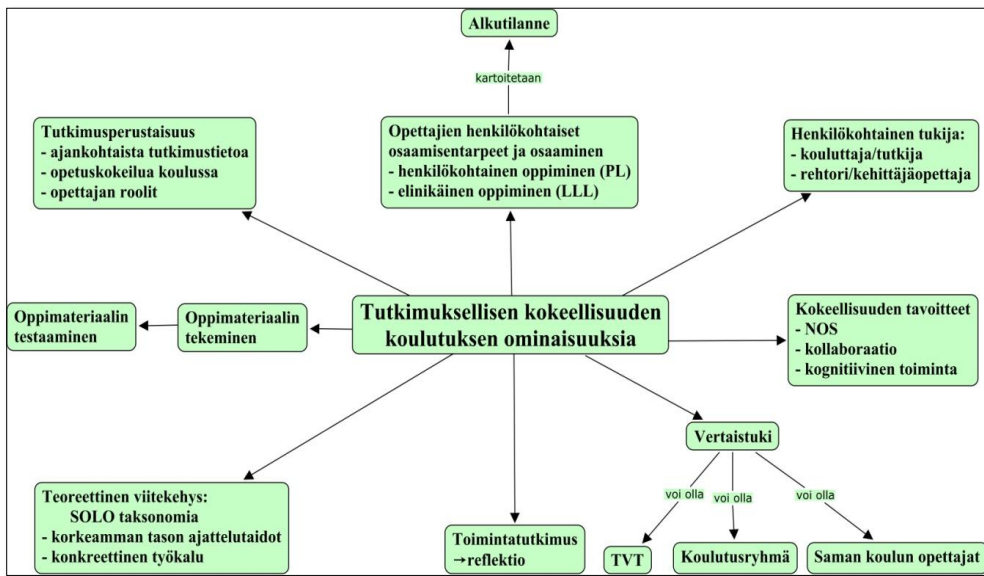
Tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönotossa on tärkeää kemian opettajan vaiheittainen työskentely työohjeiden kanssa. Kehitetyssä koulutusmallissa opettajat ensin työstävät kokeellisia työohjeita SOLO-taksonomian avulla tutkimukselliseksi ja sen

jälkeen kokeilevat niitä koulussa opiskelijoiden kanssa. Tätä mallia ammatillisesta kehitymisestä tukee myös uusi tutkimus (Coenders & Terlouw, 2015), joka perustuu Clarken ja Hollingsworthin (2002) ammatillisen kasvun malliin (IMPG, s.44). Mallissa kuvataan mahdollisia tiedonrakentelun reittejä, joita pitkin opettajan ammatillinen kasvu voi tapahtua. Coenders & Terlouw (2015) laajentavat mallia lisäämällä sinne oppimateriaalin kehittämisen alueen. He vertasivat tutkimuksessaan kahta ryhmää opettajia, joista toinen ryhmä kehitti ensin oppimateriaalia ja sitten kokeili sitä opetuksessaan, kun taas toinen ryhmä sai käyttöönsä valmiin oppimateriaalin. Tutkijat huomasivat, että oppimateriaalin kehittäminen oli ollut edellytys sille, että pysyvää muutosta tapahtui opettajan henkilökohtaisella alueella eli hänen tiedoissaan, asenteissaan ja uskomuksissaan. Vertailuryhmässä, joka kokeili valmista oppimateriaalia, ei juuri oppimista ollut tapahtunut. Tutkijoiden mukaan oleellista heidän laajennetun ammatillisen kasvun mallissaan on juuri se, että oppimateriaalin kehittäminen edeltää käytännön vaihetta, jossa opettaja kokeilee ja testaa käytännössä uutta opetusmenetelmää. Opettajan havainto siitä, että opiskelijat saavat parempia oppimistuloksia johtaa käsitteelliseen muutokseen. Kun opettaja näkee, että uudella opetusmenetelmällä opiskelijat oppivat paremmin, se vahvistaa hänen tietojaan ja uskomuksiaan kyseisestä asiasta. Toisaalta, jos kokeilu ei tuota parempia oppimistuloksia, se johtaa kognitiiviseen konfliktiin, jonka seurauksena opettaja voi palata aikaisempaan uskomukseensa tai hän voi alkaa tutkia, miksi materiaali ei tuottanut tavoiteltua tulosta ja muokata sitä uudelleen seuraavaa testausta varten. (Coenders & Terlouw, 2015)

### **7.3 Kehittämistuotos: Tutkimusperustainen koulutusmalli tutkimuksellisen kokeellisuuden edistämiseksi (tutkimuskysymys 3)**

Kahdeksanvaiheisessa kehittämisprosessissa päätuloksena saatiin koulutusmalli, joka sisältää kaavioon 4 koottuja ominaisuuksia. Koulutuksessa otettiin lähtökohdaksi tutkiva opettaja, joka tutkii ja analysoi omaa kokeellista opetustaan ja pyrkii kehittämään sitä.

Kehitetyn koulutusmallin keskeisiä ominaisuuksia ovat: (i) se painottaa henkilökohtaista opiskelua omista lähtökohdista käsin, (ii) sen tutkimusperustaisuus käsittää sekä opettajan roolin laajentumisen tiedonjakajasta oman työn tutkijan ja oppijan rooleihin että ajankohtaisen tutkimustiedon mielekkäästä tutkimuksellisesta kokeellisuudesta ja opetuskokeilujen toteuttamisen omassa työssä, niiden analysoinnin ja jakamisen, (iii) se sisältää teoreettisen viitekehyksen tutkimusperustaisen opetuksen, korkeamman tason ajattelutaitojen ja vuorovaikutukseen perustuvan ajatusten jakamisen tueksi, (iv) se helpottaa mielekkään eriateisen tutkimuksellisen oppimateriaalin tuottamista sekä yksilöllisesti että yhteisöllisesti SOLO-taksonomian avulla, (v) se tarjoaa vertaistukea monipuolisesti (esimerkiksi verkko-oppimisympäristön kautta), (vi) se kannustaa refleктоimaan ja käyttämään toimintatutkimuksen menetelmää ja (vii) toteuttamaan koulussa tutkimuksellista kokeellisuutta, joka on yhteisöllistä ja kognitiivista toimintaa lisäten oppilaiden ymmärrystä luonnontieteen luonteesta.



**Kaavio 4** *Tutkimusperustaisesti kehitetyn koulutusmallin ominaisuuksia*

Koulutus ei tarjonnut ylhäältä alaspäin valmista konseptia, jota lähteä toteuttamaan, vaan se tarjosi työvälineitä, joiden avulla opettaja voi lähteä liikkeelle ja vertaistuen mahdollisuutta tavoitteiden toteuttamiseen. Teoreettisen tiedon avulla opettajille voitiin viestittää siitä, mitä tutkimus tietää kokeellisesta opetuksesta, mikä on ongelmallista perinteisessä kokeellisuudessa ja miksi kannattaa ottaa tutkimuksellisia työtapoja käyttöön.

Kehitetty koulutusmalli tukee kemian opettajan henkilökohtaisen muutoksen prosessia. Lähtötilanteena on opettajan senhetkinen tilanne. Esimerkiksi toisessa koulutuksessa ollut opettaja ilmaisi selkeästi tyytymättömyytensä omaan kemian opetukseensa. Hän toimi aktiivisesti koulutuksen tavoitteiden suuntaisesti testaten tutkimuksellisia työohjeita koulussa ja jakoi kokemuksiaan muiden kanssa. Muutosprosessin käynnistyminen on mahdollista vasta, kun opettaja kyseenalaistaa ja on tyytymätön nykyiseen käytäntönsä, muussa tapauksessa uudella toimintatavalla ei ole mahdollisuutta toteutua (Posner, 1982; Feldman, 2000; Gess-Newsome et al., 2003). Koulutuksen vapaaehtoisuus puoltaa henkilökohtaisen oppimisen mallia. Tutkimuksellinen kokeellisuus edellyttää käsitteellistä muutosta opettajien ajattelussa, joten opettajien henkilökohtainen oppiminen on edellytys opetuksen uudistamiselle. Tiedetään, että opettajan ajattelu on avaintekijä minkä tahansa opetuksen uudistuksen onnistumiselle. Jos uusi toimintatapa on ristiriidassa opettajan omien uskomuksien ja asenteiden kanssa, mitään muutosta ei tapahdu tai opettaja muuttaa uutta toimintatapaa vastaamaan omaa ajatteluaan. (Woodbury & Gess-Newsome, 2002)

Tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoa koulutuksessa tuettiin käyttämällä eriasteista tutkimuksellisuutta. Kemian opettaja voi helposti epäillä omia kykyjään toteuttaa tutkimuksellista kokeellisuutta opetuksessaan, jos hän uskoo sen vaativan häntä muuttamaan aikaisemman opetuskäytäntönsä kokonaan toisenlaiseksi ja sen vuoksi hän voi päättääkin olla ottamatta sitä käyttöön lainkaan. (Herrington et al., 2011) Eriasteisessa tutkimuksellisuudessa (Taulukko 5, s. 23) opettaja voi aloittaa itselleen sopivalta tasolta ja mahdollisesti myös tunnistaa jo toteuttaneensa tutkimuksellisuutta käytännössä, koska



oppikirjoista löytyy myös tutkimuksellisia töitä. Koulutuksessa tuotiin lisäksi esille, että vain osa kokeellisesta työstä voidaan modifioida tutkimukselliseksi. SOLO-taksonomian näkökulmasta perinteistä yksityiskohtaista työohjetta tarvitaan edelleen tutkimusmenetelmien käyttöönotossa, mutta se ei anna oppilaalle vielä valmiuksia soveltaa menetelmää itsenäisesti uudessa kontekstissa, vaan sen saavuttaminen vaatii harjoittelua käyttäen vaativampaa tehtävänantoa korkeammalla SOLO-tasolla.

Tutkimusperustainen opettajuus laajentaa opettajan perinteistä roolia tiedonjakajasta oman työn tutkijaksi ja oppijaksi (Kaavio 3, s. 114). Opettaja on tutkivassa roolissa analysoidessaan työohjeita SOLO-taksonomian avulla. Koulutuksen avulla ei opettajan asenteita ja uskomuksia tavoiteta eksplisiittisesti vaan opettajalla pitää olla tietoa itsestään oppijana ja välineitä omien uskomuksiensa toteuttamiseen ja niihin vaikuttamiseen. Opettajan oppiminen tapahtuu koulussa ja hänen omassa työssään. Hän on myös opiskelijoille elinikäisen oppijan malli. Kun tieto ei enää assimiloitu, tarvitaan käsitteellistä muutosta. Jotta elinikäinen oppimisen tavoite saavutetaan, tarvitsevat opettajat tukea akkomodaatiota vaativan oppimisprosessin toteuttamiseen. Akkomodaatio ei yleensä ole seurausta yhdestä opetustilanteesta vaan vaatii useamman kerran ongelman parissa työskentelyä tiedon rakentamiseksi. Clarkin ja Hollingsworthin (2002) mallissa (Kuva 6, s. 44) opettaja joutuu kokeilemaan uutta toimintatapaa useita kertoja työssään ennen kuin se johtaa pysyviin muutoksiin.

Tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoa tukemaan tarvitaan ajaltaan erikestoisia koulutuksia. Tässä kehittämistutkimuksessa tutkimuksellista kokeellisuutta opiskeltiin lyhytkestoisessa koulutuksessa. Opettajille tarjottava koulutus voisi olla lyhytkestoista (vuoden tai alle vuoden kestävä) tai pitkäkestoista koulutusta. Lyhytkestoinen koulutus voi olla tehokasta, kun osallistujat kokevat sen tärkeänä ja pitkäkestoisella koulutuksella on usein syvä ja kestävä vaikutus tapoihin, joilla opettajat ymmärtävät, näkevät ja lähestyvät työtään (Hodkinson & Hodkinson, 2005). Bryanin (2012) mukaan kouluttajan tulee ottaa huomioon koulutusta suunnitellessaan, että opettajien uskomukset voivat olla yhteen sopimattomia oppimistavoitteiden kanssa eikä opettajilla ole tietoa siitä, kuinka käyttää uutta lähestymistapaa opetuksessaan. Tutkimuksessa havaittiin, että kun opettajan oppimiskäsitys ja uskomukset eivät ole ristiriidassa tutkimuksellisen kokeellisuuden kanssa, opettaja voi alkaa kokeilla ja hankkia kokemuksia siitä jo lyhyen koulutuksen aikana. Vaikka haastattelussa yksi opettaja piti tutkimuksellista lähestymistapaa parempana, jopa ihanteellisena tapana toimia, hänen vallitseva uskomuksensa siitä, kuinka hänen pitää toimia lukion opettajana, oli niin vahva, ettei hän kyseenalaistanut uskomustaan koulutuksen aikana. Viime aikoina on raportoitu tuloksia kemian tai luonnontieteen opettajille suunnatuista ammatillisen kehittämisen projekteista, jotka ovat esimerkiksi kestäneet kaksi ja puoli vuotta (Herrington et al., 2011), viisi vuotta (Lewthwaite, 2014) tai kuusi vuotta (Eilks & Markic, 2011). Eilks & Markic (2011) havaitsivat omassa tutkimuksessaan, että opettajan itseluottamus kasvoi vasta toisen koulutusvuoden aikana siinä määrin, että hän uskalsi esittää omia ideoitaan ja tuotoksiaan muille. Kolmantena vuonna opettaja näki itsensä vasta kykenevänä opetuksen kehittämistyöhön. Siihen nähden koulutuksessa ei kannata odottaa näkyviä tuloksia liian nopeasti. Tässä tutkimuksessa opettajien käytännössä testaamien työohjeiden kehittämisen tavoite osoittautui liian vaativaksi tavoitteeksi lukukauden kestävässä koulutuksessa, koska osallistujien itsekritiikki nousi liian korkeaksi ja kollegalle palautteen antaminen hänen työhönsä liittyen koettiin vaikeaksi. Syynä oli usein opettajan epävarmuus siitä, oliko tuotos ”oikein”.

Muutokseen tähtäävä eli akkommodoiva koulutus vaatii monivuotisen ohjelman. Tiedetään, että innovaatiot, jotka voidaan omaksua suhteellisen nopeasti, diffundoituvat parhaiten. (Pernaa, 2011; 2013) Nopeasti tapahtuvan oppimisprosessi perustuu assimilaatioon. Tämä edustaa myös opettajien itsensä toivomaa koulutustyyppiä: Opettajat haluavat koulutusta, joka lähtee heidän omista tarpeistaan, käsittelee ajankohtaisia teemoja, perustuu vapaaehtoisuuteen ja mielenkiintoon sekä mielellään tarjoaa mahdollisuuden lisäpätevyyteen. Kun opettajalle tulee ongelmia tai työmäärä kasvaa suureksi, vapaaehtoinen koulutus ei välttämättä kannusta häntä jatkamaan vaativan vaiheen yli. Ammatillinen kehittyminen ei toteudu opetukselle valtakunnallisesti asetettujen tavoitteiden suuntaisesti, jos koulutusta räätälöidään vain opettajien omien tarpeiden ja toiveiden mukaisesti. Opettajan pitää sitoutua tavoitteelliseen ja pitkäjänteiseen toimintaan yhdessä työnantajan kanssa. Rehtorilla ja koulun johdolla on merkittävä rooli opettajan ammatillisen kehittymisen prosessissa (Whitworth & Chiu, 2015).

Opettajien kokemus ajan riittämättömyydestä tehdä tutkimuksellista kokeellisuutta lukiossa tuli selkeästi esille tässä tutkimuksessa. Tutkimuksellisen kokeellisuuden vahvistamiseksi koulussa voitaisiin soveltaa Sahlbergin (1996) mukaisesti kemian opettajan työkuultuuriin rakenteellista muutosta: opettajan päivittäisiä työtottumuksia on muutettava niin, että opettajien ammatilliselle keskustelulle, yhteiselle suunnittelulle ja arvioinnille olisi riittävästi aikaa. Esimiehen rooli olisi järjestää opettajille lisää yhteistä aikaa opetuksen suunnittelua ja toistensa oppituntien seuraamista varten. Ajan riittävyys on ongelma myös kehitettäessä opetuskäytäntöjä ja kokeiltaessa uusia innovaatioita. Sahlbergin mukaan opettajan itsenäinen rooli ja autonomia voivat kääntyä häntä itseään vastaan. Koska suomalaisella opettajalla on korkea pätevyys, korkeasta ammatillisesta pätevyydestä voi seurata se, että opetuksen perustaitojen harjoittamista ei pidetä tarpeellisena. Toisaalta, mitä enemmän opettajalta puuttuu pedagogista osaamista, sitä vähemmän hän pyytää apua muilta opettajilta tai tarjoaa apuaan muille ammattitaidottomuutensa paljastumisen pelossa. (Sahlberg, 1996)

Tutkimuksellisen kokeellisuuden vahvistamista suomalaisessa kemian opetuksessa voisi lisätä tutkimustiedon saatavuus tutkimuksellisesta kokeellisuudesta. Tässä tutkimuksessa haastatelluilla kemian opettajilla ei ollut taustalla tutkimusperustaista aineenopettajakoulutusta. Tutkimusperustainen opetus ja oppiminen voi lisääntyä, jos kemian opettajilla on helposti saatavilla ja käytössään kemian opetukseen liittyvää tutkimustietoa, heillä on mahdollisuuksia lukea ja keskustella relevanteista aiheista, opettajien taitoja käyttää tutkimustiedon tuloksia kehitetään ja opettajat hankkivat kokemuksia tutkimuksesta toimimalla opettaja-tutkijoina. (Gilbert et al., 2004) Vaarana on kuitenkin, että tutkiva opettaja pitää luotettavimpina niitä tutkimustuloksia, jotka eivät ole ristiriidassa hänen omien uskomuksiensa kanssa (Ratcliffe et al., 2005).

Tutkimuksellista kokeellisuutta kouluopetuksessa voisi vahvistaa toimintatutkimuksen käyttöönotto koulutuksessa. Tässä tutkimuksessa koulutukseen osallistuneita opettajia kannustettiin käyttämään toimintatutkimuksen menetelmää opetuskokeiluissa. Yhtenä keinona lisätä opettajien ymmärrystä tutkimusperustaisesta opettajuudesta, jossa opettaja esimerkiksi perustelee toimintaansa tutkimuskirjallisuuden avulla, pidetään sitä, että opettajat tekisivät pienimuotoista opetukseen tai oppimiseen liittyvää tutkimusta tai tekisivät toimintatutkimusta koulutuksen aikana. (Ratcliffe et al., 2005) Tämä voi myös Biggsin ja Collisin (1989) koulutusmallin mukaan (Kaavio 1, s. 32) edistää toisen formaalin tason saavuttamista ja siten kehittää tutkimuksen tekemisen edellyttämiä taitoja. Koulutuksessa työskentely kehittää tutkimusperustaista opettajuutta, kun käyttäessään

tekemäänsä työohjetta koulussa opettaja havainnoi ja tutkii, millaista oppimista kyseinen toiminta voi oppilaissa tuottaa. Siten opettajan oma ääni tulee kuuluviin sekä työohjeiden laatimisessa että perusteluissa, joissa hän kuvaa työohjeen mahdollisuuksia hankkimensa todisteiden tukemana. Tämä on jo muutos siihen verrattuna, että opettaja valitsee työohjeen oppikirjasta tai muusta lähteestä perustelematta valintaansa sen tarkemmin.

Monipuolista tukea tarvitaan tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoon. Jos kemian opettaja innostuu kokeilemaan tutkimuksen kautta saatuja tuloksia omassa työssään, hän tarvitsee konsulttiapua, kollaboratiivista tukea tai yliopiston tutkijan toimimaan rinnallaan tukena (vrt. Gilbert, 2002). Suomessa suunnitellaan kehittäjäopettajien koulutusta opettajien tueksi kouluihin (Kaleva, 2015) ja Oulun opettajatoimessa kehittäjäopettajatoiminta on ollut käytössä jo vuodesta 2007 (Mäki, 2015). Toimintatutkimus on hyvä keino edistää uusien käytäntöjen kokeilua ja soveltamista (esim. Gilbert et al., 2004; Herrington et al., 2011; Eilks & Markic, 2011) mutta opettajilla ei usein ole tietoa menetelmästä, kannustimia tai aikaa toteuttaa sitä. Toisaalta, jos opettaja innostuu tekemään toimintatutkimusta, hänellä ei välttämättä ole foorumia, jolle tarjota sitä julkaistavaksi. (Gilbert et al., 2004) Suomessa kemian opettaja voi esittää tuloksia esimerkiksi LUMA-päivillä ja tarjota tekstiä julkaistavaksi kemian opetuksen päivien symposiumkirjaan tai LUMA-sanomiin tai tieteelliseen LUMAT -verkkojulkaisuun, joista tieto on avoimesti kaikkien opettajien saatavilla. Sekä opettajien, jotka tekevät toimintatutkimusta, että opettajien, joilla on ylipäättään kokemusta tutkimustyöstä, tiedetään kykenevän paremmin hyödyntämään tutkimustietoa omassa työssään (Ratcliffe, 2005).

Tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoa on tärkeä tukea jo kemian opettajien peruskoulutuksesta lähtien elinikäisenä prosessina. Tutkimukseen osallistuneet opettajat eivät pitäneet koulutuksessa esitettyä tutkimukseen perustuvaa tietoa mitenkään itseään velvoittavana arvioimaan ja kehittämään omia käytäntöjään. Tämä pitää ottaa huomioon kemian opettajien koulutuksessa. On tärkeää, että kemian opettajilla olisi aineopinnoissaan riittävästi kemian opetukseen liittyvää tutkimustietoa ja käytännössä harjoitettua tutkimustaitoa, jotta muodostuva tiedonkäsitys ei olisi liian yksipuolinen vaan tukisi myös kemian opettajuuden kehittymistä tutkimusperustaisesti. Opettajilla, joilla ei ole kokemusta tutkimustyöstä tai he ovat tehneet kemian tutkimusta maisteriopintojensa tai jatko-opintojensa osana, voi olla vaikea erottaa itselleen relevanttia tutkimustietoa kemian opetuksen tutkimuksesta, sillä yleensä heidän mielestään vain empiirinen tai kvasi-empiirinen tutkimus voi antaa luotettavia tuloksia ja muissa tapauksissa on kysymys kouluttajan henkilökohtaisesta mielipiteestä jonkun opetusmenetelmän paremmuudesta tai sen toimivuudesta (Juuti ja Lavonen, 2006).

Kuten on aiemmin todettu, on olemassa konsensus tutkijoiden kesken siitä, mitä on laadukas ammatillisen kehittämisen koulutus. Seuraavassa arvioidaan kehittämisprosessissa toteutettuja koulutuksia neljästä näkökulmasta, jotka on kirjallisuuskatsauksessa koottu korkeatasoisen ammatillisen kehittämisen tunnuspiirteiksi (Borko, Jacobs & Koellner, 2010).

Koulutuksen sisältöjen tulisi asiantuntijoiden mukaan liittyä käytännön tilanteisiin, jotta opettajan oppimisella olisi vaikutusta luokahuonekäytäntöihin. Koulutusmallissa kehitetään kokeellista opetusta tutkimukselliseksi ja lähtökohdaksi otetaan opettajan käyttämät kokeelliset työohjeet, joita kehitetään kollaboratiivisesti ja annetaan samalla opettajille työkaluja työohjeiden itsenäiseen kehittämiseen. Koulutuksen sisällön kohteena pitäisi olla nimenomaan oppijan eikä opettajan oppiminen: Kun opettaja käyttää

työohjeiden suunnittelun, valitsemisen ja työstämisen apuna SOLO-taksonomiaa, hän huomioi samalla opiskelijan tason. Tietäessään, millaista oppimista hän tavoittelee kyseisen tehtävän avulla, hän voi modifioida työohjeita sen mukaisesti.

Korkeatasoisessa oppimisessa opettaja on oppija ja kouluttaja mallintaa hänelle käytännössä sitä opettamisen tapaa, jota koulutuksessa tavoitellaan. Näin opettajat saavat kokemuksia uudesta toimintatavasta ja voivat reflektoida sen sopivuutta omaan opetukseensa. Tämä näkökulma ei onnistunut ensimmäisessä koulutuksessa, koska käytettävissä oli vain kaksi lähitapaamista, joten eroista perinteisen ja tutkimuksellisen kokeellisuuden välillä keskusteltiin ryhmässä alustuksen pohjalta. Toisessa koulutuksessa oli kolme lähiovetuspäivää, jolloin tutkimuksellista kokeellisuutta harjoiteltiin käytännössä ja opettajat saivat kokemuksen tutkimuksellisesta työskentelystä oppijan näkökulmasta.

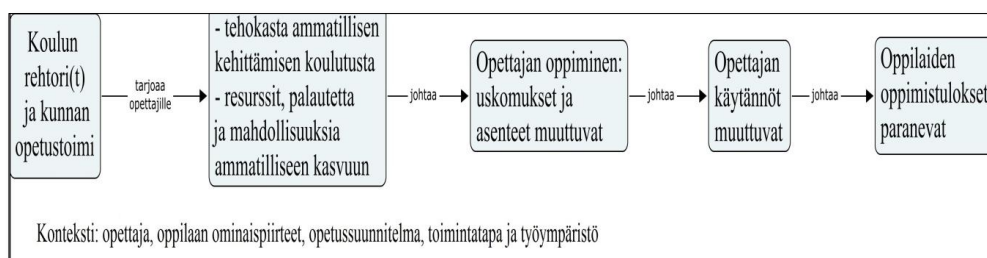
Korkeatasoisessa koulutuksessa opettajille tarjotaan mahdollisuus osallistua aktiivisesti ja kollaboratiivisesti työskentelyyn ammatillisessa yhteisössä. Pitkäaikainen koulutus mahdollistaa, että opettajaryhmissä käydään keskusteluja, vaihdetaan ajatuksia ja jaetaan kokemuksia kollegojen tai saman aineryhmän muiden koulujen opettajien kanssa, jotka opettavat samaa ikäryhmää. Ammatilliset yhteisöt kokoontuvat säännöllisesti monen vuoden ajan. Kehittämistutkimuksen ensimmäisessä koulutuksessa vertaistuki rakennettiin verkkoympäristöön, jossa opettajilla oli mahdollisuus esitellä suunnitelmiaan, kertoa kokemuksistaan, pyytää apua muilta opettajilta tarvittaessa ja antaa omaa asiantuntijuuttaan muiden käyttöön. Koska opettajat olivat kokemattomia käyttämään tukena verkkopedagogiikkaa, riittävä vertaistuki ei toteutunut ensimmäisellä kurssilla. Toisessa koulutuksessa oli enemmän aikaa keskustella ja reflektoida ryhmän lähitapaamisissa. Sähköpostitse toteutettu yhteydenpito toimii pienessä ryhmässä, kun opettajat ovat halukkaita jakamaan kokemuksiaan muiden kanssa lähitapaamisten välillä.

Kolmannessa koulutuksessa Thaimaassa opettajat olivat kollegoja samassa koulussa. Koulutus kesti pari viikkoa, jolloin kouluttaja seurasi oppitunteja ja keskusteli opettajien kanssa, jolloin hän pääsi käsitykseen siitä, millaisia oppimistavoitteita opettajilla itsellään oli, mitä he kokivat ongelmalliseksi kokeellisessa opetuksessaan ja mihin he halusivat kouluttajan apua. Koulun koordinaattori-opettaja osallistui koulutukseen ja pohti yhdessä kouluttajan kanssa, miten asiassa kannattaisi edetä koulutusvierailun jälkeen.

Koulutuksissa opettajat työstivät kokeellisia työohjeita käytännön kokeilua varten, jossa he saivat kokemuksia tutkimuksellisesta kokeellisuudesta. Tavoitteena oli tutkimuksellisen työskentelyn harjoittelu todellisessa tilanteessa koulussa opiskelijoiden kanssa, kokemuksen reflektointi sekä itsekseen että yhdessä muiden opettajien kanssa. Tutkijoiden mukaan korkeatasoinen koulutus muodostuu toiminnoista, jotka ovat pitkäkestoisia ja mahdollistavat opettajien käytännön kokeilun ja sen reflektion syklin. Kun opettaja kehittämistutkimuksessa kokeili koulutuksen aikana suunnittelemaansa kokeellista työtä koulussa, hän toteutti vain yhden käytännön kokeilun ja sen reflektion syklin. Tämän vuoksi yhteistyö kouluttajan ja koulun välillä voisi edistää tutkimuksellista kokeellisuutta paremmin, koska esimiehen tuella ja kannustuksella opettaja voi toteuttaa useampia kokeilemisen ja reflektion syklejä ja siten löytää paremmin oman tapansa toteuttaa tutkimuksellista kokeellisuutta. Siten myös kehitetty koulutusmalli nivoutuisi osaksi elinikäistä oppimista.

Asiantuntijat kritisoivat, että ammatillisen kehittämisen koulutuksen tehokkuudesta on edelleen vähän empiiristä näyttöä. Tulokset perustuvat usein opettajien omaan raportointiin, kyselyihin ja tapaustutkimuksiin. On vähän tutkimustietoa, joka yhdistää opettajan oppimisen, koulun käytännöt ja oppilaiden oppimistulokset toisiinsa. (Borko,

Jacobs & Koellner, 2010) Myös tässä kehittämistutkimuksessa lähtökohtana on oletus, että opettajan oppiminen heijastuu suoraan opiskelijoiden parempina oppimistuloksina. Vastikään julkaistussa tutkimuskatsauksessa (Whitworth & Chiu, 2015) oppilaitoksen johto nostettiin uuteen rooliin opettajan ammatillisen kehittymisen prosessissa (kuva 15). Tutkijat huomasivat, että koulun rehtori tai muu johto oli eri malleissa sijoitettu yleensä kontekstiin, vaikka tutkimustulosten perusteella ne olivat usein ammatillisen kehittymisen onnistuneissa toteutuksissa ratkaisevassa roolissa. Myös kokemukset tämän kehittämistutkimuksen aikana osoittavat, että olisi hyödyllistä, jos esimies joko osallistuisi itse koulutukseen tai hän voisi muuten perehtyä sen sisältöön, tavoitteisiin ja menetelmiin, jotta hän voisi tukea opettajan oppimista koulutuksen tavoitteiden suunnassa.



**Kuva 15** Opettajan ammatillisen kehittymisen ja opiskelijan oppimisen välinen yhteys (sovellettu Whitworthin ja Chiun (2015) mallista)

Uuden opetussuunnitelman perusteet tuovat tutkimuksellisuuden lukioon ja opettajan haastaminen muutokseen vaatii kehitetyn koulutusmallin mukaista koulutusta, jotta opettajan rooli oppijana ja oman työn tutkijana vahvistuu ja hän uskaltaa itseohjautuvasti kehittää omaa osaamistaan tutkimusperustaisen opettajankoulutuksen tavoitteiden mukaisesti.

## 7.4 Tutkimuksen merkitys ja jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen kautta syntynyt koulutusmalli sopii tutkimuksellisen kokeellisuuden koulutuksen suunnittelun pohjaksi sekä kansallisessa että kansainvälisessä kontekstissa, ja sen avulla voidaan tukea uusien kemian opetussuunnitelmien perusteiden käyttöönottoa. Tutkimusperustainen koulutus pyrkii laajentamaan perinteistä opettajan roolia käsittämään myös oman työn tutkijan ja oppijan roolit.

Koulutusten kehittämisessä olisi tärkeä soveltaa kaavioon 4 koottuja koulutuksen ominaisuuksia. Kemian opettajat otetaan mukaan koulutuksen suunnitteluun esimerkiksi alkutilanteen kartoittamisen kautta, ennakkoitehtävän tai oppituntien seuraamisen kautta. Koulussa toteutettava kokeellisuus tulisi olla lähinnä yhteisöllistä ja kognitiivista toimintaa, joka lisää oppilaiden ymmärrystä luonnontieteen luonteesta. Koulutuksen tulisi tarjota mahdollisuuden vertaistukeen tilanteeseen sopivalla tavalla. Se voidaan toteuttaa esimerkiksi verkko-oppimisympäristön kautta, ryhmän lähitapaamisina tai kollegiaalisesti. Myös mahdollisuus kouluttajan tai esimiehen tarjoamaan tukeen esimerkiksi palautteen ja ohjauksen muodossa voi lisätä sitoutumista henkilökohtaiseen oppimiseen. SOLO-taksonomia toimii mallina korkeamman tason ajattelutaidoille, konkreettisena työkaluna

oppimateriaalin kehittämisessä ja kielellisenä tukena tiedon rakentelussa. Tutkimuksellista lähestymistapaa harjoitellaan käytännössä koulussa oppilaiden kanssa aidoissa tilanteissa ja reflektoidaan toteutusta sekä yksin että ryhmässä. Koulutuksessa tulee huomioida tutkimuksessa esille tulleet tutkimuksellisen kokeellisen työskentelyn haasteet.

Kehitetty koulutus edustaa tyypillistä opettajien ammatillisen kehittämisen koulutusta siinä, että se perustuu vapaaehtoisuuteen ja opettajien mielenkiintoon kurssin aiheesta. Koulutus oli ilmainen LUMA-koulutus ja ryhmät pieniä. Koska kaikki osallistujat tulevat yleensä eri kouluista, tieto koulutuksesta ei välttämättä mene koulun muiden opettajien tai rehtorin tietoon. Koulutusmallia voisi vielä kehittää edelleen esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

1) *Yhteistyö kouluttajan ja koulun välillä*: Kun kemian opettajan esimies tietää koulutuksen sisällöt ja tavoitteet, hän voi tukea opettajaa esimerkiksi seuraamalla oppituntia, jossa uutta käytäntöä harjoitellaan, keskustelemalla siitä opettajan kanssa kannustavasti ja varaamalla opettajalle aikaa reflektointiin. Opettaja ei pysty opettamaan muille oppimaansa ennen kuin on itse oppinut asian ja on saanut varmuutta sen toimimisesta käytännössä kokemuksen kautta (Sahlberg, 1996). Esimies voi myös osallistua koulutukseen tai häntä konsultoidaan erikseen, jolloin hän tietää sen tavoitteet ja mitä koulutukseen aktiivisesti osallistuvalla opettajalta odotetaan. Thaimaan koulutuksessa saatiin kokemuksia kouluttajan ja opettaja-koordinaattorin välisestä yhteistyöstä.

2) *Koulutuksen kesto lukuvuoden mittainen*: Kemian opettajilla ei välttämättä ole kemian kursseja joka jaksossa, joten kokeileminen voi senkin vuoksi jäädä toteutumatta lukukauden kestäväen koulutuksen aikana. Lukuvuoden pituisessa koulutuksessa myös opettajien lähitapaamisia olisi useampia ja siten vertaistukeen olisi paremmin mahdollisuuksia.

3) *Koulutukseen osallistumisen tekeminen näkyväksi*: Koulutuksessa opettajia kannustettiin osallistumaan esimerkiksi LUMA-päiville tai MAOLin koulutuspäiville jakamaan kokeellisen opetuksen kehittämisen kokemuksiaan muiden kanssa suullisen esityksen, posterin tai artikkelin muodossa. Ne voisivat toimia koulun kehityskeskusteluissa todisteena aktiiviselle osallistumiselle koulutuksessa osallistumistodistuksen sijaan. Opettajien tuotoksia voitaisiin esitellä vanhempainilloissa ja posterit voisivat olla koulun seinällä näkyvillä osoittamassa koulun toteuttamaa aktiivista kehittämistoimintaa. Positiivinen näkyvyys kannustaa myös muita opettajia osallistumaan. Opettajille itselleen todennäköisesti mieluisampi tapa olisi opintopisteiden saaminen kurssin suorituksesta, koska se lisää muodollista pätevyyttä. Pitää olla varovainen, ettei muodollisen lisäpätevyyden hankkiminen ilman opettajan käytäntöjen muuttumista samaistu ammatilliseen kehittymiseen tähtäävän koulutuksen kanssa.

Tulevaisuudessa olisi hyödyllistä selvittää, mikä kehitetyssä koulutusmallissa on sellainen lähitapaamisten määrä, joka aktivoi ja tukee opettajaa tekemään tutkimuksellista kokeellisuutta koulussa. Olisi tärkeää myös kartoittaa, kuinka monta käytännön toteutuksen ja reflektion sykliä tarvitaan siihen, että tutkimuksellisesta kokeellisuudesta tulee kiinteä osa opettajan jokaista kemian kurssia. Koulutuksen kehittäminen yhteistyössä koulun kanssa voisi myös tuoda yksittäisen opettajan tutkimuksellisen kokeellisuuden opetuksessa kokemat haasteet paremmin näkyviin, jolloin niihin vastaaminen koulutuksen keinoin voisi tukea opettajan oppimisprosessia.

Jatkossa on tärkeä tutkia, miten kemian opettajat tulkitsevat opetussuunnitelman perusteita tutkimuksellisen kokeellisuuden näkökulmasta. Opetussuunnitelman perusteiden

tueksi on tärkeä saada tukimateriaalia, joka kuvaa selkeästi ja yksikäsitteisesti, miten siinä esitettyjä tavoitteita tutkimuksellisesta kokeellisuudesta tulee tulkita.

Tutkimus antaa tukea tutkimuksellisen kokeellisuuden käyttöönottoon. Se on keskeisessä roolissa uudessa kemian opetussuunnitelman perusteissa ja opittavan sisältötiedon vähentyminen osaltaan mahdollistaa sen, että kokeellisuuteen on enemmän aikaa käytettävissä. Keskeiset sisällöt ovat myös muuttuneet pelkästään kursilla käsiteltävien teoreettisten aiheiden ja käsitteiden listauksista käsittämään myös kokeellisuuden toteuttamisessa tarvittavaa ydinosaamista: ”kysymykset tiedonhankinnan lähtökohtana” (KE1 Kemiaa kaikkialla), ”reaktioiden tutkiminen kokeellisesti, titraus analyysimenetelmänä, tutkimustulosten käsitteleminen, tulkitseminen ja esittäminen” (KE3 Reaktiot ja energia), ”tutkimuksen tai ongelmanratkaisun ideointi ja suunnittelu” ja ”yhteistyön rooli kemiallisen tiedon tuottamisessa” (KE4 Materiaalit ja teknologia) ja ”tutkimustulosten ja -prosessin arviointi” (KE5 Reaktiot ja tasapaino). Opettajat tarvitsevat koulutusta, jotta tutkimuksellinen kokeellisuus pohjautuisi konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen, jonka mukaan ”oppiminen on seurausta opiskelijan aktiivisesta, tavoitteellisesta ja itseohjautuvasta toiminnasta” (OPH, 22.9.2015, 6) eikä se olisi vain uusi idea, jota toteutetaan perinteisellä tavalla.

Sähköinen ylioppilaskoe voi myös tulevaisuudessa vahvistaa tutkimuksellisen kokeellisuuden roolia kemian opetuksessa. Tällä hetkellä kemian ylioppilaskokeessa voi saada maksimipistemäärän vastaamatta yhteenkään kokeellisuuteen liittyvään tehtävään (Tikkanen, 2010). Myös sähköisen oppimateriaalin kehittäminen tutkimusperustaisesti on ajankohtainen tutkimusaihe ja se avaa mahdollisuuksia tukea tutkimuksellista kokeellisuutta lukiossa.

Vastatakseen uuden opetussuunnitelman perusteiden haasteisiin tarvitaan ajallisesti eripituisia koulutusmalleja. Väitöskirjan tutkimustuloksia voidaan hyödyntää uusien kemian opetussuunnitelmaperusteiden käyttöönotossa, suunniteltaessa opetusmateriaalia tutkimuksellisesta kokeellisuudesta sekä opettajien elinikäistä oppimista tukevaa koulutusta että kansainvälistä koulutusvientiä.

## Lähteet

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N.G. (1998). The Nature of Science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.
- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, T., & Tuan, H.-L. (2004). Inquiry in Science Education: International perspectives. *Science Education*, 88, 397-419.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M., & Le, A.-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science teaching*, 45, 835-855.
- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2007). Inquiry in the classroom: Identifying necessary components of a useful definition. Teoksessa E. Abrams, S. Southerland, & P. Silva (toim.), *Inquiry in the science classroom: Challenges and Opportunities*. Charlotte, North Carolina: Information age publishing, 11-42.
- Ahtineva, A. (2000). *Oppikirja – tiedon välittäjä ja opintojen innoittaja? Lukion kemian oppikirjan –Kemian maailma I – tiedonkäsitys ja käyttökemukset*. Väitöskirja, Turun yliopisto. Turku: Painosalama OY.
- Ahtineva, A. (2005). Textbook Analysis in the Service of Chemistry Teaching. *Universitas Scientiarum*, 10, 25-33.
- Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer assisted inquiry: A design research approach*. Väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.
- Aksela, M. (2010). Evidence-based teacher education: Becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher? *Chemical Education Research and Practice*, 11(2), 84-91.
- Aksela, M., & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Helsinki: Opetushallitus.
- Aksela, M., & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet*. Yliopistopaino Oy. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/karjalainen-v-2008.pdf>, luettu 7.5.2015
- Aksela, M., & Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus pro gradu –tutkielman tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (Toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Juva: PS Kustannus, 181-200.
- Al-Naqbi, A.K. (2010). The degree to which UAE primary science workbooks promote scientific inquiry. *Research in Science & Technological Education*, 28(3), 227-247.
- Anderson, L.W., & Krathwohl, D.R. (toim.). (2001). *A Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A Revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Anderson, R.D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A Cognitive view*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Backus, L. (2005). A year without procedures. *The Science Teacher*, 72(7), 54-58.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14.
- Bell, B., & Gilbert, J. (1996). *Teacher development: A model from science education*. London: Falmer Press.



- Bell, P., Hoadley, C.M., & Linn, M.C. (2004). Design-based research in education. Teoksessa M.C.Linn, E.A. Davis & P. Bell (toim.), *Internet environments for science education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 73-85.
- Bell, R.L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. Assessing the inquiry level of classroom activities. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.
- Bencze, J.L., Bowen, G.M., & Alsop, S. (2006). Teachers' tendencies to promote student-led science projects: Associations with their views about science. *Science Education*, 90, 400-419.
- Bereiter, C. (2002). *Education and mind in the knowledge age*. Mahwah (N.J.): Lawrence Erlbaum.
- Bereiter, C., & Scardamalia, M. (1996). Rethinking learning. Teoksessa D.R.Olson, & N. Torrance (toim.), *The Handbook of education and human development: New models of learning, teaching and schooling*. Cambridge, MA: Basil Blackwell, 485-513.
- Biggs, J.B., & Collis, K.F. (1982). *Evaluating the Quality of Learning: the SOLO Taxonomy*. Academic Press: New York.
- Biggs, J., & Collis, K. (1989). Towards a model of school-based curriculum development and assessment using the SOLO taxonomy. *Australian Journal of Education*, 33(2), 151-163.
- Biggs, J.B., & Tang, C. (2007). *Teaching for quality learning at university: What the student does*. Maidenhead: McCraw-Hill/Society for research into higher education, 3<sup>rd</sup> Edit.
- Birk, J.P., & Lawson, A.E. (1999). The persistence of the candle-and-cylinder misconception. *Journal of Chemical Education*, 76(7), 914-916.
- Birman, B.F., Desimone, L., Porter, A.C., & Garet, M.S. (2000). Designing professional development that works. *Educational Leadership*, 57(8), 28-33.
- Blanchard, M.R., Southerland, S.A., Osborne, J.W., Sampson, W.D., Annetta, L.A., & Granger, E.M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? : A Quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94, 577-616.
- Bloom, B.S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H. & Kraftwohl, D.R. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I: Cognitive Domain*. New York, David McKay.
- Borko, H., Jacobs, J., & Koellner, K. (2010). Contemporary approaches to teacher professional development. Teoksessa P. Peterson, E. Baker, & B. McGaw (toim.) *International Encyclopedia of Education*, Vol.7. Oxford, England: Elsevier, 548-556.
- Boujaoude, S., Salloum, S., & Abd-El- Khalick, F. (2004). Relationships between selective cognitive variables and students' ability to solve chemistry problems. *International Journal of Science Education*, 26(1), 63-84.
- Bray, B., & McClaskey, K. (2013). A-step-by-step guide to personalize learning. *Learning & Leading with Technology*, 40(7), 12-19.
- Brown, A.L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
- Brown, J.S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Brown, P.L., Abell, S.K., Demir, A., & Schmidt, F.J. (2006). College science teachers' views of classroom inquiry. *Science Education*, 90, 784-802.
- Brownlee, J. (2001). Epistemological beliefs in pre-service teacher education students. *Higher Education Research & Development*, 20(3), 281-291.
- Bryan, L.A. (2012). Research on science teacher beliefs. Teoksessa B.J. Fraser, K.G. Tobin, & C.J. McRobbie (toim.) *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 477-495.
- Bryan, L.A., & Abell, S.K. (1999). Development of professional knowledge in learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 121-139.

- Carr, W., & Kemmis, S. (1982). *Becoming critical: Knowing through action research*. Victoria: Deakin University.
- Cheung, D. (2007). Facilitating chemistry teachers to implement inquiry-based laboratory work. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6, 107-130.
- Chick, H. (1998). Cognition in the formal modes: Research mathematics and the SOLO taxonomy. *Mathematics Education Research Journal*, 10(2), 4-26.
- Chinn, C.A., & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- Claesgens, J., Scalise, K., Wilson, M., & Stacy, A. (2009). Mapping student understanding in chemistry: The perspectives of chemists. *Science Education*, 93, 56-85.
- Clark, R.E., Kirschner, P.A., & Sweller, J. (2012). Putting students on the path to learning. The case for fully guided instruction. *American Educator*, 36, 6-11.
- Clarke, D., & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. *Teaching and Teacher Education*, 18(8), 947 – 967.
- Coburn, C.E. (2005). Shaping teacher sensemaking: School leaders and the enactment of reading policy. *Educational Policy*, 9(3), 476-509.
- Coenders, F., Terlouw, C., & Dijkstra, S. (2008). Assessing teachers' beliefs to facilitate the transition to a new chemistry curriculum: What do the teachers want? *Journal of Science Teacher Education*, 19, 317-335.
- Coenders, F., & Terlouw, C. (2015). A model for in-service teacher learning in the context of an innovation. *Journal of Science Teacher Education*, 26(5), 451-470.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Collins, A. (1992). Towards a design science education. Teoksessa E. Scanlon & T. O'Shea (toim.), *New directions in educational technology*. Berliini: Springer, 15-22.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- COM (2007): Commission of the European Communities. *Improving the quality of teacher education*.  
[http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/leraar/bestanden/nota\\_lerarenopleiding\\_ministers2007.pdf](http://www.ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/leraar/bestanden/nota_lerarenopleiding_ministers2007.pdf), luettu 15.4.2015
- Crawford, B.A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916-937.
- Cuevas, P., Okhee, L., Hart, J., & Deaktor, L. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 337-357.
- Davies, P. (1999). What is evidence-based education? *British Journal of Educational Studies*, 47(2), 108-121.
- Desimone, L.M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Towards better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181-199.
- De Jong, O., Veal, W.R., & Van Driel, J.H. (2002). Exploring chemistry teachers' knowledge base. Teoksessa J.K. Gilbert, O. De Jong, R., Justi, Treagust, D.F., & J.H. Van Driel (toim.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 369-390.
- Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8.
- Deters, K. (2004). Inquiry in the chemistry classroom. *The Science Teacher*, 71(10), 42-45.
- Dillenbourg, P. (1999). What do you mean by collaborative learning? Teoksessa P. Dillenbourg (toim.) *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches*. Oxford: Elsevier, 1-9.

- Dillon, J. (2000). Managing science teachers' development. Teoksessa R. Millar, J. Leach & J. Osborne (toim.) *Improving Science Education. The Contribution of Research*. Buckingham: Open University Press, 94-109.
- Domin, D.S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543-547.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- Duffee, L., & Aikenhead, G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76(5), 493-506.
- Duschl, R.A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in science education*, 38, 39-72.
- Edelson, D.C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design? *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105 – 121.
- Edelson, D.C. (2006). What we learn when we engage in design: Implications for assessing design research. Teoksessa J. Van denAkker, K. Gravemeijer, S. McKenney, N.Nieveen (toim.) *Educational Design Research*, Abingdon, Oxon: Routledge, 156-165.
- Eilks, I., & Markic, S. (2011). Effects of a long-term participatory action research project on science teachers' professional development. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 7(3), 149-160.
- Engeström, Y. (1992). *Interactive expertise. Studies in distributed working intelligence*. Research bulletin 83, department of education, University of Helsinki.
- Feldman, A. (1996). Enhancing the practice of physics teachers: Mechanisms for the generation and sharing of knowledge and understanding in collaborative action research. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 513-540.
- Feldman, A. (2000). Decision making in the practical domain: A model of practical conceptual change. *Science Education*, 84(5), 606-623.
- Fischer, H.E., Borowski, A., & Tepner, O. (2012). Professional knowledge of science teachers. Teoksessa B.J.Fraser, K.G.Tobin, & C.J. McRobbie (toim.) *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 435-448.
- Flick, L.B. (2006). Developing understanding of scientific inquiry in secondary students. Teoksessa L.B. Flick, & N.G. Lederman (toim.) *Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Springer, 157-172.
- Fraser, C., Kennedy, A., Reid, L., & McKinney, S. (2007). Teachers' continuing professional development: contested concepts, understandings and models. *Journal of In-service Education*, 33(2), 153-169.
- Freire, P. (1970). *Pedagogy of the oppressed*. 30<sup>th</sup> anniversary edition (2005). New York: Continuum. <https://libcom.org/files/FreirePedagogyoftheOppressed.pdf>, luettu 21.4.2015
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change*. New York: Teachers College Press; London, Routledge, 4. painos.
- Furtak, E.M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science education*, 90, 453-467.
- Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A Look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4) 548-554.
- Germann, P.J., Haskins, S., & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-499.

- Gess-Newsome, J., Southerland, S.A., Johnston, A., & Woodbury, S. (2003). Educational reform, personal practical theories, and dissatisfaction: The anatomy of change in college science teaching. *American Educational Research Journal*, 40(3), 731-767.
- Gibson, H.L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes towards science. *Science Education*, 86, 693-705.
- Gilbert, J. (2002). Preface to section A. Teoksessa J.K. Gilbert, O. De Jong, R., Justi, Treagust, D.F., & J.H. Van Driel (toim.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 3-5.
- Gilbert, J.K., Justi, R., van Driel, J.H., de Jong, O., & Treagust, D.F. (2004). Securing a future for chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(1), 5-14.
- Greeno, J. G. (1998). The situativity of knowing, learning and research. *American Psychologist*, 53(1), 5-26.
- Gott, R., & Duggan, N. (1996). Practical work: Its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18(7), 791-806.
- Grierson, A.L., & Woloshyn, V.E. (2013). Walking the talk: supporting teachers' growth with differentiated professional learning. *Professional Development in Education*, 39(3), 401-419.
- Grossman, P.L. (1990). *The making of a teacher: Teachers' knowledge and teacher education*. New York: Teachers College Press.
- Guskey, T.R. (1986). Staff development and the process of teacher change. *Educational Researcher*, 15(5), 5-12.
- Halkka, K. (2002). *Lukion fysiikan ja kemian oppimistulosten arviointi*. Oppimistulosten arviointi 2/2003. Helsinki: Opetushallitus.  
[http://karvi.fi/app/uploads/2014/09/OPH\\_0203.pdf](http://karvi.fi/app/uploads/2014/09/OPH_0203.pdf) luettu 18.1.2015
- Hakkarainen, K., Lonka, K., & Lipponen, L. (2001). *Tutkiva oppiminen. Älykkään toiminnan rajat ja niiden ylittäminen*. Porvoo, Helsinki: WSOY.
- Handolin, H., & Aksela, M. (2011). Kemian noviisiopettajien käsityksiä opettajan työstä ensimmäisinä työvuosina. Kirjassa M. Aksela, J. Pernaa, & M. Happonen (toim.) *Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää*. VI Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät – Symposiumikirja, 72-83.
- Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M. (2004). Neon 1. *Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Edita.
- Hannola-Teitto, M., Jokela, R., Leskelä, M., Näsäkkälä, E., Pohjakallio, M., & Rassi, M. (2008). Neon 4. *Metallit ja materiaalit*. Helsinki: Edita.
- Hargreaves, D.H. (1999). The knowledge-creating school. *British Journal of Educational Studies*, 47(2), 122-144.
- Helaakoski, J., & Viiri, J. (2011). Content and content structure of physics lessons and their relation to students' learning gains. Teoksessa H. Silfverberg, & J. Joutsenlahti (toim.) *Tutkimus suuntaamassa 2010-luvun matemaattisten aineiden opetusta*. Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen tutkimuksen päivät Tampereella 14.-15.10.2010. Tampere: Tampereen yliopistopaino, 292-391.
- Herrington, D.G., Yezierski, E.J., Luxford, K.M., & Luxford, C.J. (2011). Target inquiry: changing chemistry high school teachers' classroom practices and knowledge and beliefs about inquiry instruction. *Chemistry Education Research and Practice*, 12, 74-84.
- Hirsjärvi, S., & Hurme, H. (2001). *Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Yliopistopaino.
- Hoadley, C.M. (2004). Methodological alignment in design-based research. *Educational Psychologist*, 39(4), 203-212.
- Hoban, G.F. (2002). *Teacher learning for educational change: a systems thinking approach*. Buckingham, Open University Press.

- Hodges, L.C., & Harvey, L.C. (2003). Evaluation of student learning in organic chemistry using the SOLO taxonomy. *Journal of Chemical Education*, 80(7), 785-787.
- Hodkinson, H., & Hodkinson, P. (2005). Improving schoolteachers' workplace learning. *Research Papers in Education*, 20(2), 109-131.
- Hodson, D. (1996a). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115-135.
- Hodson, D. (1996b). Practical work in school science: Exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Hodson, D., & Bencze, L. (1998). Becoming critical about practical work: Changing views and changing practice through action research. *International Journal of Science Education*, 20(6), 683-694.
- Hofer, B.K. (2006). Beliefs about knowledge and knowing: Integrating domain specificity and domain generality: A Response to Muis, Bendixen and Herle. *Educational Psychology Review*, 18, 67-76.
- Hofer, B.K., & Pintrich, P.R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67, 88-140.
- Hofstein, A., & Kind, P.M. (2012). Learning in and from science laboratories. Teoksessa B.J.Fraser, K.G.Tobin, & C.J. McRobbie (toim.) *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 189-207.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (1982). The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type of laboratory: a case study. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806.
- Holbrook, J., & Rannikmäe, M. (1997). *Supplementary Teaching Materials – Promoting Scientific and Technological Literacy*. Tartu, Estonia: ICACE & UNESCO.
- Holmes, K. (2005). Analysis of asynchronous online discussion using the SOLO taxonomy. *Australian Journal of Educational & Developmental Psychology*, 5, 117-127.
- Impiö, N., Hyvönen, P., & Järvelä, S. (2014). Opettajien yhteisöllinen asiantuntijuus ja siinä kehittyminen kaksivuotisten maisteriopintojen aikana. Esitys kasvatustieteen päivillä 20.-21.11.2014 Oulussa: Kasvatuksen ja oppimisen ympäristöt – entä arvot? Abstraktivihko s. 94.  
[http://www oulu.fi/sites/default/files/KT\\_Paivat\\_2014\\_Abstraktivihko.pdf](http://www oulu.fi/sites/default/files/KT_Paivat_2014_Abstraktivihko.pdf),  
luettu 4.5.2015
- Jiménez-Aleixandre, M.P., Rodríguez, A.B., & Duschl, R.A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argumentation in high school genetics. *Science Education*, 84, 757-792.
- Jokinen, H., Taajamo, M., Miettinen, M., Weissmann, K., Honkimäki, S., Valkonen, S., & Välijärvi, J. (2013). *Pedagoginen asiantuntijuus liikkeessä –hankkeen tulokset*. Koulutuksen tutkimuslaitos. Tutkimuslustoista 50.  
<https://ktl.jyu.fi/julkaisut/julkaisuluettelo/julkaisut/2013/g050.pdf>, luettu 4.5.2015
- Jokinen, H., Taajamo, M., & Välijärvi, J. (2014). *Pedagoginen asiantuntijuus liikkeessä ja muutoksessa – huomisen haasteita*. Jyväskylän yliopisto, koulutuksen tutkimuslaitos.  
<https://ktl.jyu.fi/julkaisut/julkaisuluettelo/julkaisut/2014/D114.pdf>, luettu 4.5.2015



- Johnstone, A.H. (1993). The development of chemistry teaching. A Changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Johnstone, A.H., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory: Some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5(2), 42-51.
- Jonassen, D.H. (1995). Supporting communities of learners with technology: A Vision for integrating technology with learning in schools. *Educational Technology*, 35(4) 60-63.
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2006). Design-based research in science education: One step towards methodology. *NorDiNa*, 4, 54 – 68.
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2013). Design-tutkimukseen osallistuvien opettajien rooli tutkimuksen eri vaiheissa. Teoksessa J. Pernaa (Toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Juva: PS Kustannus, 45-67.
- Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala, P., Pihko, P., & Salo, K. (2006). *Reaktio 1. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Jyväskylä: Tammi.
- Kaleva, artikkeli 28.3.2015. *Joka kouluun tulee kehittäjäopettaja*.
- Kalkku, I., Kalmi, H., & Korvenranta, J. (2004). *Kide 1. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Helsinki: Otava.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31.
- Kelly, A. (2004). Design research in education: Yes, but is it methodological? *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 115-128.
- Kepanen, P., & Länsitie, J. (2014). Osaamisperustainen opinpolku ammatillisen opettajan pedagogisissa opinnoissa. Teoksessa S. Mahlamäki-Kultanen, A. Lauriala, A. Karjalainen, A. Rautiainen, M. Räkköläinen, E. Helin, P. Pohjonen, & K. Nyssölä (toim.) *Opettajankoulutuksen tilannekatsaus. Tilannekatsaus marraskuu 2014*. Muistiot 2014:4. Opetushallitus, 83-90.
- [http://www.oph.fi/download/163626\\_opettajankoulutuksen\\_tilannekatsaus.pdf](http://www.oph.fi/download/163626_opettajankoulutuksen_tilannekatsaus.pdf),  
luettu 2.11.2015
- Kirschner, P.A., Sweller, J., & Clark, R.E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Kipnis, M., & Hofstein, A. (2008). The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6, 601-627.
- Kiviahde, M. (2005). *Effects of authentic learning and e-learning in an introductory chemistry laboratory course*. Väitöskirja, Oulun yliopisto. Oulu: Oulu University Press.
- Kiviniemi, K. (2000). Opettajan työtodellisuus haasteena opettajankoulutukselle. Opettajien perus- ja täydennyskoulutuksen ennakointihankkeen (OPEPRO) selvitys 14. <https://ohopop.files.wordpress.com/2008/10/oypepro14.pdf>, luettu 4.5.2015
- Knowledge management in the learning society: Education and skills. Paris: OECD. <http://ocw.metu.edu.tr/file.php/118/Week11/oecd1.pdf>, luettu 12.4.2015
- Koballa, T., Gräber, W., Coleman, D.C., & Kemp., A.C. (2000). Prospective gymnasium teachers' conceptions of chemistry learning and teaching. *International Journal of Science Education*, 22(2), 209-224.
- Koch, G.G., & Landis, J.R. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Koskinen, H.I. (2005). *Yliopistotentin murros. SOLO-taksonomia eläinlääketieteellisen lisääntymistieteen oppimistulosten arvioinnissa*. Helsingin yliopiston kasvatustieteen laitoksen tutkimuksia 202. Helsinki: Yliopistopaino.
- Kremer-Hayon, L., & Tillema, H.H. (1999). Self-regulated learning in the context of teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 15, 507-522.

- Krystyniak, R.A., & Heikkinen, H.W. (2007). Analysis of verbal interactions during an extended, open-inquiry general chemistry laboratory investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1160-1186.
- Kukkonen, H. (2009). Epilogi. Teoksessa H. Heinilä, P. Kalli, & K. Ranne (toim.) *Tutkiva oppiminen ja pedagoginen asiantuntijuus*. Tampereen ammattikorkeakoulun julkaisuja, sarja A, tutkimuksia 15. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy, 149-164.
- Kumpulainen, T. (2014). Opettajat Suomessa 2013. Koulutuksen seurantaraportit 2014:8. Tampere: Opetushallitus.  
[http://www.oph.fi/download/156282\\_opettajat\\_suomessa\\_2013.pdf](http://www.oph.fi/download/156282_opettajat_suomessa_2013.pdf), luettu 27.3.2015
- Kuusela, J. (2000). *Tieteellisen paradigman mukaisen ajattelun kehittyminen peruskoulussa. Kahden interventiomenetelmän vertaileva tutkimus peruskoulun kuudesluokkalaisilla*. Väitöskirja, Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitos. Helsinki: Hakapaino.
- Kärnä, P., Hakonen, R., & Kuusela, J. (2012). *Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011*. Koulutuksen seurantaraportit 2012:2. Helsinki: Opetushallitus.  
[http://www.oph.fi/download/140378\\_Luonnontieteellinen\\_osaaminen\\_perusopetuksen\\_9\\_luokalla\\_2011.pdf](http://www.oph.fi/download/140378_Luonnontieteellinen_osaaminen_perusopetuksen_9_luokalla_2011.pdf), luettu 13.8.2015
- Lake, D. (1999). Helping students to go SOLO: Teaching critical numeracy in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 33(4), 191-198.
- Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K.-M., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., & Mäkelä, R. (2004). *Kemisti 1. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Porvoo: WSOY.
- Lampiselkä, J., Sorjonen, T., Vakkilainen, K.-M., Aroluoma, I., Kanerva, K., Karkela, L., & Mäkelä, R. (2005). *Kemisti 2. Kemian mikromaailma*. Porvoo: WSOY.
- Lavonen, J., Meisalo, V., & al. (1994-1998) Opetuksen tavoitteet ja työtavat. Malux kirjasto. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/tyotavat/main.htm>, luettu 21.4.2015.
- Lavonen, J., Jauhiainen, J., Koponen, I., & Kurki-Suonio, K. (2004). Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education. *International Journal of Science Education*, 26, 309-328.
- Lavonen, J., Juuti, K., Aksela, M., & Meisalo, V. (2006). A professional development project for improving the use of information and communication technologies in science education. *Technology, Pedagogy, and Education*, 15(2), 159-174.
- Lederman, N.G. (2006). *Syntax of nature of science within inquiry and science instruction*. Teoksessa L.B. Flick, & N.G. Lederman (toim.) *Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning and teacher education*. Dordrecht: Springer, 301-317.
- Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L. (2004). *Mooli 1. Ihmisen ja elinympäristön kemia*. Keuruu: Otava.
- Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L. (2005). *Mooli 2. Kemian mikromaailma*. Keuruu: Otava.
- Lehtiniemi, K., & Turpeenoja, L. (2005). *Mooli 3. Reaktiot ja energiat*. Keuruu: Otava.
- Leino, J. (1996). Toimintatutkimus: käytännön ja tutkimuksen yhdistäjä. Teoksessa S. Ojanen (toim.) *Tutkiva opettaja 2*. Lahti: Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus, 81-90.
- Leiwo, M., Kuusinen, J., Nykänen, P., & Pöyhönen, M.-R. (1987). *Kielellinen vuorovaikutus opetuksessa ja oppimisessa 1. Luokkakeskustelu ja sen kuvaus*. Jyväskylä: Kasvatustieteiden tutkimuslaitos.
- Levins, L. (1992). Students' understanding of concepts related to evaporation. *Research in Science Education*, 22, 263-272.
- Lewthwaite, B. (2014). Thinking about practical work in chemistry: teachers' considerations of selected practices for the macroscopic experience. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 35-46.
- Lincoln, Y.S., & Guba, E.G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills: Sage.
- Lipponen, L. (2002). Exploring foundations for computer-supported collaborative learning. Teoksessa G. Stahl (toim.) *Computer-support for collaborative learning: Foundations*

- for a CSCL-community. Proceedings of the computer-supported collaborative learning 2002 conference. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 72-81.
- Lotter, C., Harwood, W.S., & Bonner, J.J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9), 1318-1347.
- Lucander, H., Bondemark, L., Brown, G., & Knutsson, K. (2010). The structure of observed learning outcome (SOLO) taxonomy: A model to promote dental students' learning. *European Journal of Dental Education*, 14, 145-150.
- LOPS (2003). Lukion opetussuunnitelman perusteet. Opetushallitus. Painatuskeskus. Helsinki.
- Lundell, J., & Aksela, M. (2003). Molekyylimallinnus kemian opetuksessa osal: Molekyylimallinnus ja kemian opetus. *Dimensio*, 67(5), 47-49.
- Lyons, T. (2006). Different countries, same science classes: students' experiences of school science in their own words. *International Journal of Science Education*, 28(6), 591-613.
- Magnusson, S.J., Sullivan Palincsar, A., & Templin, M. (2006). Community, culture, and conversation in inquiry based science instruction. Teoksessa L.B. Flick, & N.G. Lederman (toim.) *Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Springer, 131-155.
- Mamlok-Naaman, R., Navon, O., Carmeli, M., & Hofstein, A. (2005). Chemistry teachers research their own work: Two case studies. Teoksessa K. Boersma, Goedhart, M., O. De Jong, & Eijkelhof, H. (Toim.) *Research and the quality of science education*. Dordrecht: Springer, 141-155.
- Marton, F., & Säljö, R. (1976). On qualitative differences in learning: I – Outcome and process. *British Journal of Educational Psychology*, 46, 4-11.
- McComas, W.F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. Teoksessa W.F. Gomas (toim.) *The nature of science in science education. Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer, 53-70.
- McKenney, S., Nieveen, N., & van den Akker, J. (2006). Design research from a curriculum perspective. Teoksessa J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (toim.) *Educational design research*, London: Routledge, 3-7.
- McLaughlin, C., Black-Hawkins, K., & McIntyre, D. (2004). *Researching teachers, researching schools, researching networks: A Review of the literature*. Cambridge, UK: University of Cambridge. Luettu 11.4.2015, <http://www.educ.cam.ac.uk/research/projects/super/ReviewOfLiterature.pdf>,
- Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Paper prepared for the meeting: High School Science Laboratories: Role and vision. National Academy of Sciences, Washington, DC. [http://informal.science.org/images/research/Robin\\_Millar\\_Final\\_Paper.pdf](http://informal.science.org/images/research/Robin_Millar_Final_Paper.pdf),  
luettu 14.4.2015.
- Mills, G. E. (2007). *Action Research. A Guide to Teacher Researcher*. Pearson Merrill/Prentice Hall, Third Edition.
- Minner, D.D., Levy, A.J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of research in science teaching*, 47(4), 474-496.
- Moilanen, P. (1999). Piilevä tieto ja reflektio. Kirjassa H.L.T. Heikkinen, R. Huttunen, ja P. Moilanen (Toim.) *Siinä tutkija missä tekijä. Toimintatutkimuksen perusteita ja näköaloja*. Juva: Atena Kustannus, 85-110.
- Muis, K.R., Bendixen, L.D., & Haerle, F.C. (2006). Domain-general and domain-specificity in personal epistemology research: Philosophical and empirical reflections in the development of theoretical framework. *Educational Psychology Review*, 18, 3-54.



- Mäki, P. (2015). *Opettajana ja kehittäjänä. Vertaismentorointiryhmässä kehittäjäopettajan ammatillista identiteettiä kertomassa*. Väitöskirja, Oulun yliopisto. Tampere: Juvenes Print.
- Nakhleh, M.B., Polles, J., & Malina, E. (2002). Learning chemistry in a laboratory environment. Teoksessa J.K.Gilbert, O. De Jong, R., Justi, Treagust, D.F., & J.H. Van Driel (toim.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 69-94.
- Niemi, H. (1993). Tutkimuksen merkitys opettajan ammatin kehittämisessä. Teoksessa S. Ojanen (toim.) *Tutkiva opettaja: Opetus 21. vuosisadan ammattina*. Lahti: Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus, 52 - 65.
- Niemi, H. (1996). Itsenäistä ajattelua vai kuuliaista tottelevaisuutta? Opettajan ammatti muutoksessa. Teoksessa S. Ojanen (toim.) *Tutkiva opettaja 2*. Lahti: Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus, 31-43.
- Niemi, H., & Jakku-Sihvonen, R. (2009). Teacher education curriculum of secondary school teachers. *Revista de educacion*, 350, 173-102.
- Nieswandt, M. (2007). Student affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 908-937.
- Nott, M., & Wellington, J. (1996). When the black box springs open: Practical work in schools and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 18(7), 807-818.
- Nurminen, E., & Aksela, M. (2007). Kemian opettajien käsityksiä ajattelutaidoista kemian oppimisen tukena. Teoksessa J. Lavonen (toim.) *Tutkimusperustainen opettajankoulutus ja kestävä kehitys*. Ainedidaktinen symposiumi Helsingissä 3.2.2006 Osa 1. Tutkimuksia 285. Helsingin yliopisto, 144-152.
- Näsäkkälä, E., Flinkman, M., & Aksela, M. (2001). Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa. Helsinki: Opetushallitus.  
[http://www.oph.fi/download/49174\\_luonnontieteellisen\\_tutkimuksen\\_teko\\_koulussa.pdf](http://www.oph.fi/download/49174_luonnontieteellisen_tutkimuksen_teko_koulussa.pdf) luettu 20.4.2015
- OECD (2000). *Knowledge management in the learning society*.  
<http://ocw.metu.edu.tr/file.php/118/Week11/oecd1.pdf>, luettu 15.4.2015.
- Oh, E., & Reeves, T.C. (2010). The implications of the differences between design research and instructional systems design for educational technology researchers and practitioners. *Educational Media International*, 47(4), 263-275.
- Ojanen, S. (1993). Reflektiivisyys oppimisessa ja ohjauksessa. Teoksessa S. Ojanen (toim.) *Tutkiva opettaja: Opetus 21. vuosisadan ammattina*. Lahti: Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus, 125 – 147.
- OM (2006). *Opettajankoulutus – tietoa, taitoa, tulevaisuutta. Opettajankoulutuksen kehittämisohjelman 2001-2005 loppuraportti*. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2006:32.
- OPH (2015) Lukion uuden opetussuunnitelman perusteet, luonnos 22.9.2015  
[http://www.oph.fi/download/171262\\_lukion\\_opetussuunnitelman\\_perusteet\\_luonnos\\_2\\_2092015.pdf](http://www.oph.fi/download/171262_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_luonnos_2_2092015.pdf), luettu 26.10.2015
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a Review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical Reflections. A report to the Nuffield Foundation.  
[http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci\\_Ed\\_in\\_Europe\\_Report\\_Final.pdf](http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf) luettu 15.4.2015
- Paavola, S., Lipponen, L., & Hakkarainen, K. (2004). Models of innovative knowledge communities and three metaphors for learning. *Review of Educational Research*, 74(4), 557-576.

- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construction. *Review of Educational Research*, 62(3), 307 – 332.
- Pernaa, J. (2011). *Kehittämistutkimus: Tieto- ja viestintätekniikkaa kemian opetukseen*. Väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.
- Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä. Teoksessa J. Pernaa (Toim.), *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Juva: PS Kustannus, 9-26.
- Piaget, J. (1950). *The psychology of intelligence*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Pitkäniemi, H. & Kontturi-Kemppi, H. (2008). Opetuksen lyhyt- ja pitkäkestoiset vaikutukset, opiskelu ja opiskelun kehittyminen 5. – 6. -luokan oppilailla. Teoksessa P. Siljander & A. Kivelä (toim.) *Kasvatustieteen tila ja tutkimuskäytännöt: Paradigmat katosivat, mitä jäljellä?* Helsinki: Suomen kasvatustieteellinen seura, 167-196.
- Popper, K.R., & Eccles, J.C. (1977). *The self and its brain*. Berlin: Springer - Verlag.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertsog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Ratcliffe, M., Bartholomew, H., Hames, V., Hind, A., Leach, J., Millar, R., & Osborne, J. (2005). Evidence-based practice in science education: The researcher-user interface. *Research Papers in Education*, 20(2), 169-186.
- Rauste-von Wright, M.-L., von Wright, J., & Soini, T. (2003). *Oppiminen ja koulutus*. Juva: WSOY. 9. painos.
- Reeves, T.C. (2006). Design research from a technology perspective. Teoksessa J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & M. Nieveen (Toim.) *Educational design research*. London: Routledge, 52-66.
- Reeves, T.C., Herrington, J., & Oliver, R. (2005). Design research: A socially responsible approach to instructional technology research in higher education. *Journal of Computing in Higher Education*, 16(2), 97-116.
- Reid, A. & Petocz, P. (2004). Learning Domains and the process of creativity. *The Australian Educational Researcher*, 31(2), 45-62.
- Roehrig, G.H., & Luft, J.A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lensen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission Directorate-General for research science, economy and society. [http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf), luettu 15.4.2015
- Roth, W.-M., McGinn, M.K., & Bowen, G.M. (1998). How prepared are preservice teachers to teach scientific inquiry? Levels of performance in scientific representation practices. *Journal of Science Teacher Education*, 9(1), 25-48.
- Ryan, R.M., & Deci, E.L. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67.
- Saaranen-Kauppinen, A., & Puusniekka, A. (2006). KvaliMOTV Menetelmäopetuksen tietovaranto [verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto [Ylläpitäjä ja tuottaja]. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>, luettu 7.7.2015.
- Sahlberg, P. (1996). Tutkiva oppilas – tutkiva opettaja. Ryhmätutkimus opetusmenetelmänä. Teoksessa S. Ojanen (toim.) *Tutkiva opettaja 2*. Lahti: Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus, 189-199.
- Sahlberg, P. (1996). *Kuka auttaisi opettajaa. Post-moderni näkökulma opetuksen muutokseen yhden kehittämisprojektin valossa*. Jyväskylän yliopiston kasvatustieteiden tutkimuslaitoksen julkaisusarja A. Tutkimuksia 119.
- Sandoval, W. (2014). Conjecture mapping: An approach to systematic educational design research. *The Journal of the Learning Sciences*, 23, 18-36.

- Schneider, R.M., Krajcik, J., Marx, R.W., & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410-422.
- Schneider, R.M., & Plasman, K. (2011). Science teacher learning progressions: A Review of science teachers' pedagogical content knowledge development. *Review of Educational Research*, 81(4), 530-565.
- Schultz, M. (2011). Sustainable assessment for large science classes: Non-multiple choice, randomised assignments through a learning management system. *Journal of Learning Design*, 4(3), 50-62.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G., & Crawford, B.A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88, 610-645.
- Schwab, J.J. (1962). The teaching of science as enquiry. Teoksessa J.J. Schwab, & P.F. Brandwein (toim.) *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1-103.
- Schön, D.A. (1987). *Educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(3) 4-13.
- Smithenry, D.W. (2010). Integrating guided inquiry into a traditional chemistry curricular framework. *International Journal of Science Education*, 32(13), 1689-1714.
- Shulman, L.S. (1986). Those who understand teaching. *Educational Researcher*, 15(5), 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *The Harvard Educational Review*, 57, 1-23.
- Simon, S., & Campbell, S. (2012). Teacher learning and professional development in science education. Teoksessa B.J. Fraser, K.G. Tobin, & C.J. McRobbie (toim.) *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 307-321.
- Skamp, K., & Mueller, A. (2001). Student teachers' conceptions about effective primary science teaching: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 23, 331-351.
- Song, Y., Wong, L-H., & Looi, C-K. (2012). Fostering personalized learning in science inquiry supported by mobal technologies. *Education Technology Research Development*, 60, 679-701.
- Sormunen, K. (2003). Episteemiset vaateet luonnontieteiden opiskelun yhteydessä. Teoksessa V. Meisalo (toim.) *Aineenopettajakoulutuksen vaihtoehtot ja tutkimus*. Ainedidaktiikan symposiumi 1.2.2002. Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitoksen tutkimuksia, 241, 274-286.
- Sormunen, K., & Väisänen, P. (2008). Epistemologiset uskomukset ja niiden muuttuminen aineenopettajan pedagogisten opintojen aikana. Teoksessa P. Siljander & A. Kivelä (toim.) *Kasvatustieteen tila ja tutkimuskäytännöt: Paradigmat katosivat, mitä jäljellä?* Helsinki: Suomen kasvatustieteellinen seura, 211-235.
- Spillane, J.P. (1999). External reform initiatives and teachers' efforts to reconstruct their practice: the mediating role of teachers' zone of enactment. *Journal of Curriculum Studies*, 31(2), 143-175.
- Svinicki, M.D. (1998). A theoretical foundation for discovery learning. *American Journal of Physiology*, 275, 20, S4-S7.
- Taajamo, M., Puhakka, E., & Välijärvi, J. (2014). *Opetuksen ja oppimisen kansainvälinen tutkimus TALIS 2013: Yläkoulun ensituloksia*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2014:15.  
<http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2014/liitteet/okml5.pdf?lang=fi> luettu 4.5.2015
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.

- Tapper, J. (1999). Topics and manner of talk in undergraduate practical laboratories. *International Journal of Science Education*, 21, 447-464.
- Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. Teoksessa R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (toim.) *Improving science education: The contribution of research*. Buckingham: Open University Press, 27-47.
- Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.-F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of lab work tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85, 483-508.
- Tikkanen, G. (2010). *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*. Väitöskirja: Helsingin yliopisto. Helsinki: Yliopistopaino.
- Tomperi, P., & Aksela, M. (2008). Tutkimuksellinen kemian kokeellinen oppiminen lukiossa. Teoksessa J. Välisaari & J. Lundell (toim.) *Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmakeskeistä oppimista*. Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tutkimusraportti No.129, 113-118.
- Tomperi, P., & Aksela, M. (2009). Lukion kemian pakollisen kurssin oppikirjojen laboratoriotöiden analysointi käyttäen SOLO-taksonomiaa. Teoksessa M. Aksela & J. Pernaa (toim.) *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin*. IV Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät – Symposiumikirja, 152-159.
- Tomperi, P., & Aksela, M. (2011). Opettajien kokeellisten laboratoriotöiden valinnat. Teoksessa M. Aksela, J. Pernaa, & M. Happonen (toim.) *Kansainvälinen kemian vuosi: Kemia osaksi hyvää elämää*. VI Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät – Symposiumikirja, 84-95.
- Tomperi, P., & Aksela, M. (2012). Promoting inquiry-based practical chemistry using SOLO taxonomy, Proceedings ICCE-ECRICE, *CnS-La Chimica nella Scuola*, XXXIV-3, 388 – 392.
- Tomperi, P., & Aksela, M. (2014). In-service teacher training project on inquiry-based practical chemistry. *LUMAT*, 2(2), 215 – 226.
- Toplis, R. (2012). Students' views about secondary school science lessons: The Role of practical work. *Research in Science Education*, 42, 531-549.
- Treagust, D.F., Chittleborough, G., & Mamiala, T.L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.
- Tsaparlis, G., & Gorezi, M. (2005). A modification of a conventional expository physical chemistry laboratory to accommodate an inquiry-based/project-based component: Method and students' evaluation. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 5, 111-131.
- Tuomi, L., & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. 5.painos. Helsinki: Tammi.
- Tynjälä, P. (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Helsinki: Tammi.
- Tynjälä, P. (2006). Opettajan asiantuntijuus ja työkuultuurit. Teoksessa A.R. Nummenmaa, & J. Välijärvi (toim.) *Opettajan työ ja oppiminen*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino, 99-122.
- Uitto, A. (2012). Näkökulmia biologian oppimisen kehittämiseksi. Teoksessa P. Kärnä, L. Houtsonen, & T. Tähkä (toim.) *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012*. Koulutuksen seurantaraportit 2012:10. Helsinki: Opetushallitus, 29-47.
- Vaherva, T. (1999). Henkilöstökoulutuksen rajat ja mahdollisuudet. Teoksessa A. Eteläpelto ja P. Tynjälä (toim.) *Oppiminen ja asiantuntijuus. Työelämän ja koulutuksen näkökulmia*. Juva: WSOY, 83-101.
- Van Driel, J.H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.

- Van Driel, J.H., Bulte, A.M.W., & Verloop, N. (2007). The relationships between teachers' general beliefs about teaching and learning and their domain specific curricular beliefs. *Learning and Instruction*, 17, 156-171.
- Van Merriënboer, J.J.G., Kirschner, P.A., & Kester, L. (2003). Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 2003.
- Vesterinen, V-M. (2012). *Nature of science for chemistry education: Design of chemistry teacher education course*. Väitöskirja, Helsingin yliopisto. Helsinki: Unigrafia.
- Vesterinen, V-M., & Aksela, M. (2013). Opetuksellinen kehittämistutkimus väitöskirjatutkimuksen lähestymistapana. Teoksessa J.Pernaa (Toim.) *Kehittämistutkimus opetuslalla*. Juva: PS Kustannus, 201-222.
- Vihma, L. & Aksela, M. (2014). *Inspiration, Joy, and Support of STEM for Children, Youth and Teachers through the Innovative LUMA Collaboration*. Finnish Innovations and Technologies in Schools: A Guide towards New Ecosystems of Learning. Rotterdam, Sense Publishers.
- Viiri, J. (2012) Fysiikan opettaminen ja oppiminen. Teoksessa P. Kärnä, L. Houtsonen, & T. Tähkä (toim.) *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012*. Koulutuksen seurantaraportit 2012:10. Helsinki: Opetushallitus, 209-229.
- Vokke – Valtakunnallinen opettajankoulutuksen ja kasvatustieteiden tutkintojen kehittämisprojekti. *Kasvatus- ja opetusalan täydennyskoulutuksen strategia*. [http://www.helsinki.fi/vokke/Tyoryhmat/Taydennyskoulutuksen%20strategia\\_060206.pdf](http://www.helsinki.fi/vokke/Tyoryhmat/Taydennyskoulutuksen%20strategia_060206.pdf) luettu 4.5.2015
- Vuopala, E. (2014). Yhteisöllisen oppimisen taidot ja niiden kehittyminen yliopisto-opiskelijoiden kokemana. Esitys kasvatustieteen päivillä 20.-21.11.2014 Oulussa: *Kasvatuksen ja oppimisen ympäristöt – entä arvot?* Abstraktivihko s. 93. [http://www oulu.fi/sites/default/files/KT\\_Paivat\\_2014\\_Abstraktivihko.pdf](http://www oulu.fi/sites/default/files/KT_Paivat_2014_Abstraktivihko.pdf), luettu 4.5.2015
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Wallace, C.S., & Kang, N-H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(9), 936-960.
- Wang, F., & Hannafin, M.J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research & Development*, 53(4), 5-23.
- Whitworth, B.A., & Chiu, J.L. (2015). Professional development and teacher change: The missing leadership link. *Journal of Science Teacher Education*, 26(2), 121-137.
- Wilke, R., & Straits, W. (2005). *The American Biology Teacher*, 67, 534-540.
- Wolf, S.J., & Fraser, B.J. (2008). Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. *Research in Science Education*, 38, 321-341.
- Woodbury, S., & Gess-Newsome, J. (2002). Overcoming the paradox of change without difference: A model of change in the arena of fundamental school reform. *Educational Policy*, 16(5), 763-782.
- Wu, H., & Krajcik, J.S. (2006). Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: A case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 63-96.
- Zohar, A., & Dori, Y.J. (2003). Higher order thinking skills and low-achieving students: Are they mutually exclusive? *The Journal of the Learning Sciences*, 12(2), 145-181.
- Zoller, U., & Nahum, T.L. (2012). From teaching to KNOW to learning to THINK in science education. Teoksessa B.J.Fraser, K.G.Tobin, & C.J. McRobbie (toim.) *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 189-207.

- Åhlberg, M.(1996). Tutkiva opettaja oman teoriasa kehittäjänä ja testaajana. Teoksessa S. Ojanen (toim.) *Tutkiva opettaja 2*. Lahti: Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus, 91-106.
- Yang, F.-Y., & Tsai, C.-C. (2012). Personal epistemology and science learning: A review of empirical studies. Teoksessa B.J. Fraser, K.G. Tobin, & C.J. McRobbie (toim.) *Second international handbook of science education*. Dordrecht: Springer Netherlands, 259-280.
- Yin, R.K. (2003). *Case study research. Design and methods*. Thousand Oaks, Calif.: Sage. 3. painos.
- Yli-Luoma, P.V.J. (2003). *Hyvä opettaja*. IMDL Oy Ltd.

## LIITE 1.

### PALAUTELOMAKE KEMIAN KURSSISTA

1. Mikä auttoi sinua oppimaan?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Mikä vaikeutti oppimista?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. Oliko läksyjä mielestäsi tarpeeksi/liikaa? Teitkö niitä säännöllisesti? Minkälainen käytäntö/kontrollointi saisi sinut tekemään läksyt säännöllisesti?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. Miten kurssilla tehdyt kokeelliset työt auttoivat kemian oppimista? Miten kokeellista opetusta kannattaisi kehittää?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. Terveisiä opettajalle:

## LIITE 2

Oppikirjan Kide 1 (Kalkku, Kalmi & Korvenranta, 2004) sisällönanalyysi.

- sisältää viisi laboratoriotyötä oppikirjan lopussa s. 122-127

- ohjeistus ja kysymykset toisessa persoonassa

<b>Työn nimi</b>	<b>Kuvailu</b>	<b>SOLO-taso (1-5)</b>
Aineen erottaminen seoksesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alustus kromatografisista erotusmenetelmistä</li> <li>- Työssä yksityiskohtaiset suoritusohjeet</li> <li>- Selitetään, miten erottuminen tapahtuu</li> <li>- kolme työhön liittyvää pohdintakysymystä, joista yhteen löytyy vastaus alustuksesta ja kahteen päätellään vastaus alustuksen pohjalta</li> <li>- deduktiivinen</li> </ul>	<p>Työohje: 1 Kysymykset: 3 → 3</p>
Aineen liukeneminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alustus: ”samanlainen liuottaa samanlaista”</li> <li>- kolme erilaista ohjeistettua koetta, joissa ensin havainnoidaan ja sitten vastataan kysymyksiin: selitys löytyy alustuksesta tai apua saa tehtävänannosta: ”Miksi lakkabensiini ei liukene veteen?”</li> <li>- kaksi työhön liittyvää pohdintakysymystä, joiden vastaukset voi päätellä alustuksen avulla</li> <li>- deduktiivinen</li> </ul>	<p>Työohje: 3 Kysymykset: 2 → 3</p>
Ruokaetikan etikkahappopitoisuuden määrittäminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alustuksessa selitetään titraus ja tuloksen laskeminen tehdään kaavaan sijoittamalla</li> <li>- vaikeustaso nousee, jos oppilaat valmistavat itse NaOH -liuoksen (epätodennäköistä: konsentraation tarkistus?)</li> <li>- kaksi työhön liittyvää laskutehtävää</li> <li>- deduktiivinen</li> </ul>	<p>Työohje: 1 Kysymykset: 2 → 2</p>
Saippuan valmistus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alustuksessa selitetään saippuan valmistus ja ulossuolaus</li> <li>- yksityiskohtainen työohje saippuan valmistukseen ja kokeisiin valmiilla saippualla</li> <li>- kaksi työhön liittyvää pohdintatehtävää: vastaus toiseen kysymykseen löytyy alustuksesta ja ”oikea” vastaus aiempaan kokeeseen saippualla löytyy tehtävänannosta: ”Miksi saippua ei vaahtoa kovassa vedessä?”</li> <li>- deduktiivinen</li> </ul>	<p>Työohje: 3 Kysymykset: 3 → 3</p>
Maidon tutkiminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- seitsemän erillistä tutkimusta: oppilasta pyydetään tekemään kokeet, kirjoittamaan havainnot muistiin ja laatimaan raportti</li> <li>- proteiinitesti ja laktoositesti tutkimuksellisia, sillä ohjeessa ei ole annettu vastauksia vaan oppilaan pitää keksiä käyttää vertailuaineita; Fehlingin testi selitetty muualla kirjassa s. 113</li> <li>- titraustuloksen laskeminen itse (apuna aiempi ruokaetikan titrausohjeen laskukaava)</li> <li>- vaikeustaso nousee, jos oppilaat valmistavat itse NaOH -liuoksen (epätodennäköistä: konsentraation tarkistus?)</li> <li>- deduktiivinen</li> </ul>	<p>Työohje: 4 → 4</p>



### LIITE 3.

Saanko luvan käyttää kurssilla tuotettua materiaalia ja kyselykaavakkeen vastauksia **luottamuksellisesti** hyväksi väitöskirjatutkimuksessani? \_\_\_\_\_

#### YLEISTÄ

Nimi:

Kuinka monta vuotta olet opettanut kemiaa? \_\_\_\_\_ vuotta. Entä lukiossa? \_\_\_\_\_ vuotta.

Kuinka monta laboratoriotyötä teetit opiskelijoilla keskimäärin kemian kurssilla kuluneen lukuvuoden aikana?

Miksi teetit opiskelijoilla kokeellisia töitä? Jos et teettänyt lainkaan tai et omasta mielestäsi ainakaan tarpeeksi, miksi et?

TÄYDENNÄ seuraavat lauseet mielestäsi sopivalla tavalla:

Tutkimuksellinen kokeellisuus tarkoittaa ...

Hyvä kokeellinen työ lukion kemiassa on ...

Kemian oppimista tapahtuu, kun ...

#### SOLO-TAKSONOMIA

Mitä uutta SOLO-työkalu tuo kemian kokeellisuuden opetukseen?

Mitä hyötyä SOLO-työkalusta on opettajalle?

Mitä vaikutuksia SOLO-työkalun käytöllä on opiskelijoiden kemian oppimiseen?

Mitä haasteita on mielestäsi SOLO-työkalun käyttämisessä?

Minkälaista tukea tarvitsisit SOLO-työkalun käyttämistä varten?

## LIITE 4

### KE2 Suhdekaavan kokeellinen selvittäminen

Eräs yhdiste koostuu vain magnesiumista ja hapesta. Suunnitelkaa, kuinka tutkitte kokeellisesti, mikä on tämän yhdisteen suhdekaava. Esittäkää suunnitelma opettajalle. Kun opettaja on hyväksynyt suunnitelman, toteuttakaa se.

Tutkimuksen jälkeen kirjatkaa ylös ja palauttakaa opettajalle

- 1) havainnot,
- 2) laskut,
- 3) johtopäätökset,
- 4) mahdolliset virhelähteet.

Täyttäkää myös oheinen ryhmäarviointi.

Arvioitavat seikat	Ryhmän oma arvio asteikolla 1-5	Opettajan arvio asteikolla 1-5
Suunnitelma		
Työn suoritus, sopivien työvälineiden valinta, ryhmän yhteistyö		
Työturvallisuus sekä kemikaalien ja jätteiden käsittely		
Kirjallinen raportti: havainnot, laskut virhelähteet		
Johtopäätökset		

## LIITE 5

### KE2 Kiinteän aineen tyyppin selvittäminen

Ryhmän jäsenet:

---

Saatte näytteet kolmesta kiinteästä aineesta. Tehtävänänne on selvittää, mikä aineista on ioniyhdiste, mikä poolinen molekyyliyhdiste ja mikä pooliton molekyyliyhdiste. Laatikaa ensin suunnitelma, kuinka toimitte. Sitten esittääkää suunnitelmanne opettajalle. Kun opettaja on hyväksynyt suunnitelman, toteuttakaa se. Kootkaa havaintonne ja niiden pohjalta tekemänne johtopäätökset erilliselle paperille, ja palauttakaa se opettajalle.

Työ arvioidaan, ja se vaikuttaa kurssiarvosanaan. Kokeellisten töiden osuus on yhteensä 40 % arvosanasta. Alla olevassa taulukossa näette, mihin seikkoihin opettaja kiinnittää huomiota. Täyttäkää taulukkoon ryhmän oma arvio, ja palauttakaa paperi opettajalle.

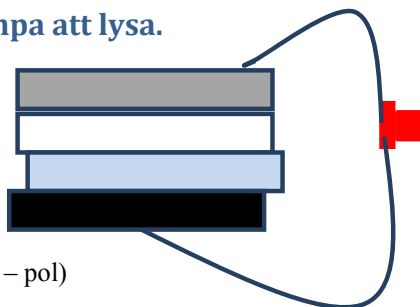
Arvioitavat seikat	Ryhmän oma arvio asteikolla 1-5	Opettajan arvio asteikolla 1-5
Työsuunnitelma		
Työn suoritus, sopivien työvälineiden valinta, ryhmän yhteistyö		
Työturvallisuus sekä kemikaalien ja jätteiden käsittely		
Kirjallinen raportti (mm. havaintojen esittämisen selkeys)		
Johtopäätökset		

## LIITE 6

### Gör ett minibatteri och få en LED-lampa att lysa.

Utrustning:

- Mg-band
- Papper med NaCl(s)
- Papper med CuSO<sub>4</sub>(s)
- Kolfiberduk (egentligen bara ett skydd)
- LED (långa benet är + pol, korta benet är – pol)
- Vad behövs dessutom?



Förbered dig: Rita upp en bild av det galvaniska elementet som bildas. Hur stor spänning får du?

Alternativ arbetsbeskrivning utan bild:

### Gör ett minibatteri mellan tummen och pekfingeret och få en LED-lampa att lysa.

Utrustning:

- Mg-band
- Papper med NaCl
- Papper med CuSO<sub>4</sub>
- Kolfiberduk (egentligen bara ett skydd för den ena elektroden)
- LED (långa benet är + pol, korta benet är – pol)
- Något till behövs, vad?

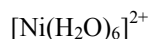
## LIITE 7

### Coordination Chemistry

#### Introduction

Transition metal ions can form coordination compounds with molecules with one or more unshared electron pairs, called ligands. Both anions and neutral molecules may act as ligands.

Most transition metal ions can coordinate to neutral molecules or anions forming complex ions:



Most transition metal compounds exist as hydrated ions even in the solid state. For example nickel will be supplied in the form of nickel chloride hexahydrate:  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

When dissolved in water, the  $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$  ion is produced.



Take two small test tubes and add a small amount of  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  to both of them. Add about 1 ml of water to the first test tube.

Observations:

Add now approximately 1 ml of ammonia  $\text{NH}_3$ .

Observations:

Write a reaction equation:

Now add ammonia solution to the first test tube.

Observations:

Write a reaction equation:

Try, which of the given salts

- a) dissolve to water as complex compounds?
- b) form complexes with other ligands?

Write reaction formula for each case.

## LIITE 8

### **Objective: Determine the amount of water in copper sulfate.**

Some ionic compounds form crystals that incorporate a definite proportion of molecules of water as well as the ions of the compound itself. These compounds are called hydrates. For example, sodium sulfate exists as composition  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . The dot is used in this formula to separate the water of hydration from the rest of the formula. This formula indicates that there are ten  $\text{H}_2\text{O}$  molecules for each  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  formula unit. The name of compound is sodium sulfate decahydrate. When this compound is heated, the water of hydration is lost leaving the white powder of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  itself. The compound that has lost its water of hydration is called anhydrous.

Most transition metal compounds exist as hydrated ions in the solid state. Blue crystals of copper sulfate hydrate ( $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) lose water above  $150^\circ\text{C}$  and form a white anhydrous powder. The color is restored when water is added and anhydrous copper sulfate has a strong attraction for water that it is usually colored a very pale blue from reaction with the water in air.

Plan an investigation to determine the amount of water molecules attached to the copper sulfate.